COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1875.

PRÉSIDENCE DE M. FREMY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Généralisation de la théorie des normales des courbes géométriques, où l'on substitue à chaque normale un faisceau de droites;* par M. CHASLES.

« En terminant mes Communications sur la théorie des axes harmoniques des courbes, dans le cours de l'année 1871 (1), j'ai fait observer que toutes les questions où se trouve quelque condition de perpendicularité de deux droites, comme dans le cas des normales d'une courbe, les théorèmes s'appliquent au cas de deux droites obliques sous un angle donné (compté dans un sens déterminé), et en outre que ces théorèmes s'étendent aussi à la condition, beaucoup plus générale, où les droites, au lieu de faire un angle donné, doivent passer par deux points correspondants d'une courbe unicursale. De la sorte, on substitue à une simple droite, normale ou oblique d'une courbe, un faisceau de droites partant de chaque point de la courbe. Ces faisceaux correspondent, de même que les normales, aux tangentes de la courbe. Voici comment : que l'on ait une courbe V, dite *unicursale*, dont la propriété est que ses points se déterminent individuel-

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 23.

lement, par une simple construction géométrique, et peuvent ainsi s'associer un à un dans deux séries homographiques. Que cette courbe soit d'ordre p. Chaque tangente d'une courbe quelconque U_m rencontre cette courbe V en p points α, auxquels correspondent p points α' : les droites menées du point de contact de la tangente de U_m à ces p points α' formeront le faisceau qui remplacera la normale.

» J'appellerai *compagnes* des tangentes ces droites qui partent ainsi de chaque point a d'une courbe : on pourra dire aussi *compagnes* du point a; et ce point sera le *pied* des *compagnes*, de même qu'il est le *pied* de la normale. Ces droites, considérées dans leur ensemble, seront dites aussi les *compagnes* de la courbe.

» Je me propose, dans ce moment, de faire connaître les propriétés principales de ces *compagnes* d'une courbe. Le mode de démonstration est uniforme, et repose sur le *principe de correspondance*.

» Les théorèmes s'expriment presque toujours par une fonction de l'ordre et de la classe de la courbe générale que l'on considère. On conçoit dès lors qu'ils résisteraient aux méthodes analytiques.

§ I. — Quelques propriétés préliminaires relatives a la courbe seule dont on considère les compagnes.

» I. *Les compagnes d'une courbe* U_m^n *enveloppent une courbe de la classe* $p(m+n)$:

$$\begin{array}{lll} IX, & mp & IU \\ IU, & pn & IX \end{array} \Bigg| \; p(m+n).$$

» C'est-à-dire : Une droite IX rencontre U_m en m points; la tangente en chacun de ces points passe par p points α de V; on mène des droites IU par les points α', ce qui fait m droites IU. Une droite IU coupe V en p points α'; par les p points α on mène pn tangentes de U_m^n, et par les points de contact pn droites IX. Il existe $p(m+n)$ coïncidences de IU et IX. Donc, etc.

» Si le point I est situé sur la courbe U_m, en un point multiple d'ordre ν, on reconnaît, par le même mode de démonstration, que :

» *Le nombre des compagnes qui passent par un point d'ordre* ν *de* U_m (*autres que celles de ce point*) *est* $p(m+n-\nu)$.

» En effet, plaçant le point I au point multiple, on a

$$\begin{array}{lll} IX, & (m-\nu)p & IU \\ IU, & pn & IX \end{array} \Bigg| \; p(m+n-\nu).$$

» II. Lemme. — *Les cordes $\alpha\alpha'$ qui joignent les points correspondants d'une courbe unicursale* V *d'ordre* p *enveloppent une courbe de la classe* $2(p-1)$.

$$\begin{array}{lll} \text{IX}, & p & \text{IU} \\ \text{IU}, & p & \text{IX} \end{array} \Bigg| \; 2p.$$

» Il y a deux solutions étrangères dues aux droites IX menées par les deux points doubles des deux divisions homographiques, où α' coïncide avec α. Donc $2(p-1)$.

» III. *Il y a sur* U_m $2np$ *points* a *dont une des compagnes coïncide avec la tangente.*

» En effet, les cordes $\alpha\alpha'$ de V enveloppent une courbe de la classe $2(p-1)$; il y a donc $2n(p-1)$ cordes tangentes à U_m. Chacune de ces tangentes a une compagne coïncidant avec elle. En outre, par chacun des deux points de V où α' coïncide avec α, on mène n tangentes de U_m dont chacune a une compagne coïncidant avec elle; ce qui fait $2n$ nouvelles solutions; donc $2np$.

» IV. *Sur* U_m *il y a* $p(m+n)$ *points* a *dont la tangente et une de ses compagnes divisent un segment* ef *dans un rapport anharmonique donné.*

» Je désigne par u et u' deux points correspondants relativement au segment ef, c'est-à-dire faisant avec e et f le rapport anharmonique donné. D'après cela, on écrit

$$\begin{array}{llll} x, & np, & u, & np \quad u' \\ u', & u, & p(m+n) & x \end{array} \Bigg| \; p(m+2n). \text{ Donc, etc.}$$

» Corollaires. — a. Si le segment ef est à l'infini, et que les deux points e, f soient les deux points circulaires, le théorème prend cet énoncé:

» *Il existe sur* U_m $p(m+2n)$ *points, où l'une des compagnes fait avec la tangente un angle de grandeur donnée (compté dans un sens de rotation déterminé).*

» b. Si les deux points e, f, situés à l'infini, appartiennent à deux droites rectangulaires, on dira qu'*il y a, sur* U_m, $p(m+2n)$ *points, dont une des compagnes fait avec la tangente un angle dont la bissectrice est parallèle à une droite donnée.*

» V. *Il y a, sur* U_m, $pn(m+n-4)$ *points* a, *qui ont une compagne tangente à* U_m *en un autre point* a'.

» Appelant α'' les points où une tangente de U_m, menée d'un point a de

la courbe, rencontre la courbe unicursale V, on écrit

$$\left.\begin{matrix} \alpha'', & n(m-2)a, & n(m-2)p & \alpha' \\ \alpha', & \alpha, & n(n-2)p & \alpha'' \end{matrix}\right| pn(m+n-4).$$ Donc, etc.

» VI. *Le nombre des points* a *de* U_m, *dont une des compagnes est oblique à la courbe, en un autre point, sous un angle donné, est* $p[(m+n)(m+n-1)-n]$.

$$\left.\begin{matrix} \alpha', & n(m+n-1)p & \alpha'' \\ \alpha'', & (m+n)(m-1)p & \alpha' \end{matrix}\right| p[(m+n)(m+n-1)-n].$$ Donc, etc.

» VII. *Le nombre des cordes* aa' *de* U_m, *qui sont des compagnes relatives à leurs deux points* a, a', *est* $\frac{p}{2}[n(2m+n-4)-d']$; d' *étant le nombre des points de rebroussement de* U_m.

» Il s'agit de trouver sur V un point α d'où partent deux tangentes αa, $\alpha a'$ de U_m telles, que la corde de contact aa' passe par le point α'. Qu'on prenne un point α', et que de son correspondant α on mène les tangentes donnant lieu à des cordes de contact qui coupent V en des points α' : il faut que l'un de ces points coïncide avec α'. Ainsi l'on pose

$$\left.\begin{matrix} \alpha', & \alpha, & \frac{n(n-1)}{2}p & & \alpha'' \\ \alpha'' & & \frac{n(2m-3)-d'}{2}p, & \alpha & \alpha' \end{matrix}\right| \frac{p}{2}[(2m+n-4)n-d'].$$

» VIII. *En chaque point* a *de* U_m *on mène la tangente et ses compagnes, et aux points où ces compagnes rencontrent la courbe on mène les tangentes : celles-ci rencontrent la tangente du point* a *sur une courbe de l'ordre* $p[n(2m+n-4)-d']$.

$$\left.\begin{matrix} x, & np(m-1) & u \\ u, & np(m+n-1) & x \end{matrix}\right| np(2m+n-2).$$

» Il y a $2np+pd'$ solutions étrangères : $2np$ sont dues aux $2np$ tangentes de U_m, dont chacune coïncide avec une de ses compagnes, et pd aux points de rebroussement de U_m. Il reste $p[n(2m+n-4)-d']$.

» On peut donner au théorème cet énoncé :

» *Le lieu d'un point d'où l'on mène à une courbe* U_m *deux tangentes, dont la corde de contact soit une compagne de l'un des points de contact, est une courbe de l'ordre* $p[n(2m+n-4)-d']$.

§ II. — De chaque point d'une courbe $U_{m'}$ on mène les tangentes de U_m; théorèmes relatifs aux compagnes de ces tangentes.

» IX. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m; *les compagnes*

des points de contact s'entrecoupent sur une courbe de l'ordre

$$\frac{m'p}{2}[2p(m+n)(n-1)-m-t'],$$

t' étant le nombre des tangentes d'inflexion de U_m.

$$\begin{array}{llll} x, & p(m+n)m'(n-1)p & u & \multirow{2}{*}{$2p^2m'(m+n)(n-1)$.} \\ u, & p(m+n)m'(n-1)p & x & \end{array}$$

» Il y a des solutions étrangères de deux sortes : 1° pmm' sont dues aux mm' points d'intersection de deux courbes; et 2° $pm't'$ sont dues aux t' points d'inflexion de U_m. Il reste

$$pm'[2p(m+n)(n-1)-m-t'],$$

coïncidences de u et x. Mais la construction étant la même à l'égard de x et de u, une même coïncidence entre deux fois dans ce résultat; le nombre des solutions cherchées est donc sous-double. Donc, etc.

» X. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m; *les compagnes de chaque point de contact rencontrent les compagnes abaissées des autres points de contact en des points dont le lieu est une courbe de l'ordre*

$$m'p(n-1)(2m+n-2)[p(m+n)-1]-m'p[2(m-1)-n-d'].$$

$$\begin{array}{llll} x, & p(m+n)m'(n-1)p(m+n-1) & u & \multirow{2}{*}{$m'p^2(n-1)(m+n)(2m+n-2)$.} \\ u, & p(m+n)(m-1)m'(n-1)p & x & \end{array}$$

» Il y a $m'p[n(2m+n-4)-d']$ solutions étrangères dues à pareil nombre de points de $U_{m'}$ d'où l'on mène deux tangentes de U_m telles, qu'une des compagnes de l'une passe par le point de contact de l'autre (VIII). Il reste

$$m'p(n-1)(2m+n-2)[p(m+n-1)-1]-m'p[2(m-1)-n-d'.$$

» XI. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m, *et des points de contact on abaisse les compagnes; ces compagnes s'entrecoupent en des points dont le lieu est une courbe de l'ordre*

$$\frac{1}{2}\left\{2m'p(m-1)(n-1)(m+n-1)[p(m+n)-1]+m'p[2(m-1)-n-d'\right\}.$$

$$\begin{array}{llll} x, & p(m+n)(m-1)m'(n-1)p(m+n-1) & u \\ u, & p(m+n)(m-2)m'(n-1)p(m+n-1) & x \end{array}$$
$$\times\, 2p^2m'(m-1)(n-1)(m+n)(m+n-1).$$

» Il y a des solutions étrangères de trois sortes :

» 1° $m'pm(m+n-1)$ sont dues aux $m'm$ points d'intersection de U_m et $U_{m'}$;

» 2° $m'p(m+n-1)t'$ sont dues aux tangentes d'inflexion de U_m;

» 3° $m'p\{2(n-1)(m-2)(m+n-1)+(m+n-2)[2(m-1)-n-d']\}$ aux points de $U_{m'}$, d'où partent deux tangentes de U_m dont les points de contact sont sur une compagne de U_m en un autre point. Le nombre total des solutions étrangères est

$$m'p\{(m+n-1)(n-1)(2m-2)-[2(m-1)-n-d']\},$$

après que l'on a remplacé $3m+t'$ par $3n+d'$; et le nombre des coïncidences divisé par 2, à raison de l'identité de construction relative à x et u, devient l'ordre de la courbe.

» XII. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m : *les cordes qui joignent chaque point de contact aux points où les compagnes des autres points de contact rencontrent* U_m *enveloppent une courbe de la classe*

$$m'p[m(n-1)(2m+n-2)-n(2m+n-4)+d').$$

IX,	$mm'(n-1)p(m-1)$	IU	$m'pm(n-1)(2m+n-2)$.
IU,	$mp(m+n-1)m'(n-1)$	IX	

» Il y a $m'p[n(2m+n-4)-d']$ solutions étrangères dues aux points de U_m, d'où partent deux tangentes de U_m, dont le point de contact est la compagne d'un des deux points de contact (VII). Il reste, etc.

» XIII. *De chaque point d'une courbe* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m, *et des points de contact on abaisse les compagnes : les cordes qui joignent les pieds des compagnes abaissées de chaque point aux pieds des compagnes abaissées des autres points enveloppent une courbe de la classe*

$$\frac{m'p}{2}\{2(n-1)(m-1)^2(m+n-1)+[n-2(m-1)+d']\}.$$

IX,	$mp(m-1)m'(n-1)p(m+n-1)$	$2p^2m'm(m-1)(n-1)(m+n-1)$.
IU,	$mp(m-1)m'(n-1)p(m+n-1)$	

» Il y a des solutions étrangères de trois sortes : 1° $m'pm(m+n-1)$, sont dues aux compagnes abaissées des mm' points d'intersection de U_m et $U_{m'}$.

» XIV. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m : *les compagnes de chacune de ces tangentes rencontrent les autres tangentes sur une courbe de l'ordre* $pm'(n-1)(m+2n)$.

x,	$nm'(n-1)p$	u	$m'p(n-1)(m+2n)$. Donc, etc.
u,	$p(m+n)m'(n-1)$	x	

» XV. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m, *et du point de contact de chaque tangente on abaisse les compagnes : ces compagnes rencontrent les autres tangentes en des points dont le lieu est une courbe de l'ordre* $m'p(n-1)[(m-1)(m+n)+n(m+n-1)]$.

$$\left.\begin{array}{lll} x, & nm'(n-1)(m+n-1) & u \\ u, & p(m+n)(m-1)m'(n-1) & x \end{array}\right| m'p(m-1)[(m-1)(m+n)+n(m+n-1)].$$ Donc, etc.

» XVI. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m, *et du point de contact de chaque tangente on abaisse les compagnes : les tangentes aux pieds de ces compagnes rencontrent les autres tangentes en des points dont le lieu est d'ordre* $m'p[n(n-1)(2m+n-2)-n(2m+n-4)+d']$, d' *étant le nombre des points de rebroussement de* U_m.

$$\left.\begin{array}{lll} x, & nm'(n-1)p(m+n-1) & u \\ u, & np(m-1)m'(n-1) & x \end{array}\right| m'pn(n-1)(2m+n-2).$$

» Il y a $m'p[n(2m+n-4)-d']$ solutions étrangères dues à pareil nombre de points de $U_{m'}$, d'où l'on mène à U_m deux tangentes, dont la corde de contact soit une compagne de l'un des points de contact (I). Il reste $m'pn[(n-1)(2m+n-2)-(2m+n-4)+d']$.

» XVII. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les tangentes de* U_m, *et au point de contact de chaque tangente on mène les compagnes : les tangentes aux points où ces compagnes coupent* U_m *rencontrent les autres tangentes issues du point de* $U_{m'}$ *sur une courbe de l'ordre*

$$m'p[n(n-1)(2m+n-2)-n(2m+n-4)+d'].$$

» Ce théorème se conclut comme réciproque du précédent.

§ III. — De chaque point d'une courbe $U_{m'}$ on mène les compagnes de U_m.

» XVIII. *De chaque point d'une courbe* $U_{m'}$ *on mène les compagnes de* U_m : *la tangente au pied de chaque compagne rencontre les autres compagnes sur une courbe de l'ordre* $m'p(m+2n)[p(m+n)-1]$.

$$\left.\begin{array}{ll} x, & np\,m'[p(m+n)-1] \\ u, & p(m+n)m'[p(m+n)-1] \end{array}\right| m'p[p(m+n)-1](m+2n).$$ Donc, etc.

» XIX. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on abaisse les compagnes de* U_m : *les tangentes en leurs pieds se coupent deux à deux sur une courbe de l'ordre*

$$\frac{m'p}{2}[2p(m+n)(n-1)-m-t'].$$

» Cela est une conséquence du théorème VIII.

» XX. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on abaisse les compagnes de* U_m, *et aux points où chacune d'elles coupe* U_m *on mène les compagnes de ces points : celles-ci rencontrent les autres compagnes, en des points dont le lieu est une courbe de l'ordre* $m'p(m-1)(2m+n)[p(m+n)-1]$.

$$\left.\begin{array}{ll} \text{IX}, & m'p(m+n)(m-1)[p(m+n-1)-1] \\ \text{IU}, & mp(m-1)[p(m+n-1)-1]m' \end{array}\right| m'p(m-1)(2m+n)[p(m+n-1)-1].$$

» XXI. *De chaque point de* $U_{m'}$ *on mène les compagnes de* U_m : *la tangente au pied de chacune d'elles rencontre les tangentes des points où les autres coupent la courbe, sur une courbe de l'ordre*

$$m'p\{(n-1)(2m+n-2)[p(m+n)-1]-[2(m-1)-n-d']\},$$

conséquence du théorème IX. »

THERMOCHIMIE. — *Sur quelques problèmes de mécanique moléculaire;* par M. BERTHELOT.

« 1. Je demande la permission de citer certains faits nouveaux, relatifs à la formation directe des corps dont la décomposition peut donner lieu à un dégagement de chaleur : ces faits me paraissent devoir être rapprochés des observations remarquables de MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray, sur l'acide hyperruthénique et sur l'oxyde d'argent. J'en déduirai quelques conséquences générales de mécanique moléculaire.

» 2. *Butyrate de soude.* — Ce sel est le point de départ de mes essais. Il se présente sous la forme de cristaux fins, soyeux, entrelacés, d'un aspect gras et argentin; c'est un hydrate (1) : $C^8H^7NaO^4, 6HO$. Ce sel perd toute son eau, soit dans l'étuve, à 110 degrés, soit même dans le vide sec; précisément comme l'acétate de soude, avec lequel il présente une grande analogie de formule et de propriétés. Cette perte d'eau paraît s'opérer en deux phases, surtout dans le vide froid. En effet, elle se ralentit beaucoup lorsqu'on arrive au dernier équivalent d'eau; de telle sorte que j'ai pu isoler un hydrate : $C^8H^7NaO^4, HO$ (2), composé dont l'existence distincte va être établie par des épreuves thermiques.

(1) Analyses sur 100 parties :
Perte dans le vide sec 32,9. Le même sel a fourni $SO^4Na = 43,8$.
D'après la formule on doit avoir : Eau, 32,9; SO^4Na : 43,2.
Le sel séché dans le vide froid donne $SO^4Na = 64,0$. Le sel séché à 110 degrés : 64,4.
D'après la formule, on doit avoir : $SO^4Na = 64,4$.

(2) 100 parties fournissent $SO^4Na = 60,0$; théorie : 59,7.

» 3. *Chaleurs de dissolution.* — Le plan de mes recherches me conduisait à mesurer la chaleur de dissolution de ces divers composés, afin d'en déduire la chaleur de formation du butyrate anhydre et de ses hydrates.

» A + 6°, le sel (supposé anhydre) dissous dans 120 parties d'eau :

			Cal
$C^8H^7NaO^4$ séché à 110°	....	dégage	+ 4,27
» séché à froid dans le vide		»	+ 4,21
$C^8H^7NaO^4,HO$	....	»	+ 3,66
$C^8H^7NaO^4,6HO$	....	»	+ 3,44 (1).

» 4. *États successifs du sel dissous.* — La dissolution du butyrate de soude dans l'eau s'opère assez vite, bien que le sel se mouille mal; mais les quantités de chaleur dégagées ne présentent pas le même degré de concordance que dans les expériences ordinaires de dissolution. Il semble que le sel dissous ne prenne pas tout d'abord son état moléculaire définitif. Toutefois les divergences dues à cette circonstance ne sauraient surpasser ± 0,25 : en effet, j'ai pris soin de ramener toutes les liqueurs, au fur et à mesure de chaque dissolution, à un état final identique. Il suffit d'y ajouter 1 équivalent d'acide chlorhydrique étendu (et même un peu plus) : le butyrate de soude est ainsi changé entièrement, ou à peu près, en chlorure de sodium et acide butyrique dissous. Or la chaleur dégagée pendant ce changement final a varié seulement de + 0,51 (solution préparée depuis plus d'un mois) à + 0,76 (sel séché à 110 degrés). J'ajouterai d'ailleurs que la limite d'erreur propre à ces expériences est égale à ± 0,16; ce qui est bien voisin des variations thermiques observées pendant l'action de l'acide chlorhydrique. Je n'insisterai donc pas autrement sur ces variations.

» Observons encore que, d'après les nombres précédents, le butyrate de soude anhydre est identique, quel que soit le procédé de dessiccation; résultat tout pareil à celui auquel m'a conduit l'étude de l'acétate de soude (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 184). Ils fournissent aussi l'exemple intéressant d'un sel très-hydraté (6HO) qui se dissout dans l'eau avec un dégagement de chaleur considérable.

» 5. *Formation des hydrates cristallisés.* — Enfin ces nombres permettent de calculer la chaleur dégagée dans la combinaison successive de l'eau avec le sel anhydre, pour former des hydrates cristallisés :

$C^8H^7NaO^4$ + HO liquide = $C^8H^7NaO^4,HO$ dégage : + 0,58
$C^8H^7NaO^4,HO$ + 5HO liquide = $C^8H^7NaO^4,6HO$: + 0,22

(1) Ce chiffre varie avec la concentration, même pour des liqueurs déjà étendues, attendu

On voit que la chaleur dégagée est beaucoup plus grande pour le premier équivalent d'eau que pour les cinq autres réunis, résultat conforme à ceux que fournit l'étude des hydrates successifs des bases alcalines (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 126.) Il prouve, d'ailleurs, que le premier hydrate n'est pas un simple mélange du butyrate anhydre avec le butyrate le plus hydraté.

» Mais le rapprochement de ces deux chiffres conduit à des conséquences beaucoup plus importantes. Rapportons, en effet, la combinaison de l'eau et du sel à un même état des corps réagissants, tel que l'état solide, afin de rendre cette combinaison comparable avec la formation des autres composés chimiques : il suffira sensiblement de retrancher des nombres précédents la chaleur de fusion de l'eau, soit + 0,715 par chaque équivalent HO, combiné. Nous trouverons que le premier équivalent d'eau solide, en s'unissant au butyrate de soude anhydre, absorberait — 0,135, quantité fort petite et qui ne sort pas des limites d'erreur des expériences; mais les 5 autres équivalents réunis *absorberont* ensuite + 0,22 — 3,57 = — 3,35; ou bien encore les 6 équivalents d'eau réunis + 0,80 — 4,29 = — 3,49.

» L'*union de l'eau solide avec le butyrate de soude solide*, pour former un hydrate cristallisé, *absorbe* donc une quantité de chaleur considérable. C'est là un fait très-intéressant, parce qu'il est exceptionnel dans l'étude des hydrates salins : je ne l'avais rencontré qu'une seule fois jusqu'ici, dans l'étude de l'acétate de strontiane, beau sel cristallisé dans le système du prisme oblique à base oblique, $C^4H^3SrO^4 + \frac{1}{2}HO$ (voir *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 127); mais la chaleur absorbée était très-petite, et les conditions de système cristallin toutes spéciales. Le nouveau résultat est bien plus décisif. Il montre, et c'est là un résultat sur lequel j'appelle l'attention, que la formation réelle du butyrate de soude hydraté, envisagée à une température à laquelle l'eau est liquide, c'est-à-dire au-dessus de zéro, *dégage* de la chaleur; tandis qu'elle en *absorberait* à une température à laquelle l'eau est solide, c'est-à-dire à zéro et au-dessous. Réciproquement, la décomposition de ce corps en eau et sel anhydre devra absorber de la chaleur au-dessus de zéro; mais elle en dégagera au-dessous; c'est-à-dire que le changement d'état produit par un simple abaissement de température change le signe thermique de la combinaison, laquelle a lieu, d'ailleurs, directement.

---

que la dilution du butyrate de soude dégage de la chaleur. Depuis les liqueurs à 6 pour 100 jusqu'aux liqueurs à 0,8 pour 100, la variation est de 1 septième.

» 6. Je ne puis m'empêcher de rapprocher ces changements de signes, dans la chaleur dégagée pendant la combinaison à diverses températures, des changements de signes relatifs aux transformations isomériques d'un même élément, phénomènes d'ordre chimique, mais qui sont également assimilables aux changements d'état. En effet, d'après les résultats de mes expériences, le soufre octaédrique, en se changeant en soufre insoluble solide (*Annales de Chimie*, 5e série, t. IV, p. 40, et 4e série, t. XXVI, p. 468) :

» 1° *Dégage* de la chaleur au-dessous de + 18°;

» 2° Produit un phénomène thermique nul vers + 18°;

» 3° *Absorbe* de la chaleur au-dessus de 18 degrés, jusque vers le point de fusion du soufre (113 degrés), et même, suivant toute vraisemblance, dans l'état liquide, jusque vers 160 degrés.

» 4° A + 160°, au contraire, température vers laquelle le soufre ordinaire liquide se change en soufre insoluble liquide, d'après mes expériences (*Annales de Chimie*, 3e série, t. XLIX, p. 476), ce changement a lieu avec un *dégagement* de chaleur : on peut le conclure des expériences de M. Ch. Sainte-Claire Deville sur la vitesse de refroidissement du soufre fondu.

» Voilà donc l'exemple d'un changement d'état isomérique, assimilable à une réaction chimique proprement dite, et qui donne lieu successivement à un dégagement, à une absorption, puis à un dégagement de chaleur suivant la température, ces changements étant liés à la variation inégale que la chaleur spécifique des deux soufres éprouve avec la température.

» Or la stabilité du soufre insoluble aux diverses températures est précisément corrélative avec ces changements de signes dans la chaleur que dégage sa transformation. Il se forme vers 160 degrés et au-dessus, avec dégagement de chaleur; il se conserve indéfiniment (plus de cinquante ans d'après mes études) vers 18 degrés et au-dessous, c'est-à-dire aux températures auxquelles sa formation aurait lieu avec dégagement de chaleur. Au contraire, le soufre insoluble se détruit spontanément entre 160 et 18 degrés, c'est-à-dire dans les limites de température auxquelles sa destruction donne lieu à un dégagement de chaleur; enfin sa destruction est d'autant plus rapide que la température est plus élevée, au moins jusqu'à 113 degrés. J'ajouterai qu'elle est accélérée par le contact de divers corps, tels que l'hydrogène sulfuré, l'alcool ou les alcalis, conformément à ce qui arrive pour les réactions exothermiques en général.

» La stabilité du soufre insoluble demeure donc corrélative au signe de la chaleur dégagée pendant la réaction.

» 7. Quelque mutation d'état analogue dans la constitution chimique de

l'élément carbone me semble intervenir lors de la plupart des combinaisons que cet élément contracte directement avec absorption de chaleur, par exemple avec le soufre ou avec l'hydrogène. Je rappellerai seulement certains faits relatifs au sulfure de carbone. J'ai observé (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XVIII, p. 169) que la décomposition du sulfure de carbone en ses éléments commence précisément aux températures auxquelles ce corps lui-même commence à se former par la combinaison du soufre et du carbone. Ce fait étrange est facile à vérifier, en opérant dans un système de deux tubes de porcelaine concentriques : le sulfure de carbone se forme dans le tube extérieur, tandis que la vapeur du même corps se détruit au même moment dans le tube intérieur. Le carbone qui résulte de cette destruction n'est pas d'ailleurs identique avec celui qui se combine au soufre, car il renferme en grande quantité un graphite particulier (même Recueil, t. XIX, p. 423). Il paraît donc probable que le carbone passe à un état isomérique nouveau en se combinant avec le soufre, et cet état est tel sans doute que la combinaison consécutive dégage de la chaleur

» 8. Un même élément, changeant d'état physique ou chimique à une certaine température, comme il arrive au soufre, au phosphore, au sélénium, etc., dégage en plus (ou en moins), en s'unissant avec un autre élément, toute la chaleur absorbée (ou dégagée) dans le changement d'état. Par suite, un composé instable ou explosif à une certaine température peut devenir stable à une température *plus élevée*.

» Le changement d'état, au lieu d'être traduit par une brusque absorption ou dégagement de chaleur, peut aussi représenter, soit, comme dans le cas du soufre insoluble, un changement graduel dans la chaleur spécifique des éléments, soit une simple inégalité entre la chaleur spécifique du composé résultant et la somme de celles des corps composants. De telle sorte que les travaux calorifiques, accumulés pendant un certain intervalle de température, finissent par renverser le signe thermique de la combinaison; la chaleur dégagée à une température donnée étant une intégrale définie, dont la différence des chaleurs spécifiques est la différentielle. J'ai exécuté des expériences de cette nature pour la dissolution et la précipitation (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 29-37); les mêmes principes s'appliquent évidemment à la combinaison chimique proprement dite.

» Soit, par exemple, la formation de l'acide sélénhydrique, depuis les éléments $H + Se = HSe$; dans leur état actuel, cette réaction *absorbe* $-2,7$ ou $-2,1$, suivant que l'on part du sélénium rouge ou métallique,

d'après M. Hautefeuille. Mais cette même formation vers 1000 degrés doit dégager de la chaleur, d'après un calcul fondé sur les chaleurs spécifiques (en admettant celle de HSe = HS sous le même volume, cette dernière étant donnée par M. Regnault); on le voit mieux encore en tenant compte de la chaleur de vaporisation du sélénium. La formation du gaz sélénhydrique absorbe donc de la chaleur à zéro et en dégage à + 1000, et ce renversement du signe thermique de la combinaison doit répondre à un accroissement de stabilité avec la température; ce qui rendrait compte des curieuses expériences de M. Ditte.

» Dans toutes les *combinaisons* effectuées *par synthèse directe*, sans l'intervention d'une réaction simultanée ou d'une énergie étrangère, ces principes contiennent, à mon avis, la théorie de ces singulières décompositions par refroidissement.

» 9. Mais les choses peuvent être expliquées d'une autre façon, dans les cas où la combinaison décomposable par refroidissement, c'est-à-dire à une température inférieure à celle de sa formation, se produit au milieu d'une autre réaction simultanée, et plus généralement avec le concours d'une énergie étrangère. De telles combinaisons ne sont pas rares en Chimie, et c'est à juste titre que MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray rappellent leurs importantes expériences sur la formation de l'oxyde d'argent dans la flamme oxyhydrique, aussi bien que la formation éphémère de ces composés instables qui se produisent pour disparaître aussitôt, en donnant lieu à la volatilisation apparente des éléments ou des composés plus simples. Je puis citer encore à l'appui le fait suivant : le bore adamantin ou carburé, lorsqu'on le chauffe fortement dans un courant de chlore, donne lieu à des cristaux de graphite, en apparence sublimés, et qui se déposent à une certaine distance de la nacelle : ils sont dus sans doute à la formation temporaire d'un chlorure de bore et de carbone, qui se décompose aussitôt. Rappelons aussi, comme exemple de mécanismes analogues, la production si notable de l'acide azotique hydraté dans la flamme oxyhydrique, malgré la haute température de cette flamme, opposée à la basse température à laquelle l'acide azotique se détruit. Telle est aussi la production des carbures d'hydrogène condensés qui prennent naissance sous la brusque influence de la température du rouge vif, même du rouge blanc, et de la température de la porcelaine fondante, températures très-supérieures pourtant à celles dont l'action prolongée suffit à les détruire (voir, entre autres, *Annales de Chimie*, 4^e série, t. XII, p. 45).

» Dans toutes ces réactions, aussi bien que dans le cas du soufre inso-

luble, l'utilité d'un refroidissement brusque pour manifester les produits instables ne me paraît pas due à quelque action moléculaire spéciale, ou provoquée par le refroidissement lui-même, mais plutôt au rôle du temps dans les actions chimiques. La plupart des réactions ne s'accomplissent pas instantanément, même lorsque les corps sont intimement mêlés et maintenus à une température fixe, à laquelle ils finiront à la longue par se transformer intégralement. J'ai donné ailleurs de nombreux exemples, et des plus décisifs, de cette vitesse diverse des réactions chimiques, dans les cas où elles dégagent de la chaleur, comme dans les cas où elles en absorbent. Telle est la métamorphose de soufre insoluble en soufre octaédrique, presque instantanée au-dessus de 113 degrés; rapide vers 100 degrés, mais de plus en plus lente, à mesure que l'on se rapproche de la température ordinaire. Telle est aussi la décomposition exothermique de l'acide formique gazeux, lequel se résout complétement en produits gazeux vers 260 degrés; mais la réaction exige vingt-cinq heures pour s'accomplir entièrement. Elle est beaucoup plus rapide à 300 degrés, quoique non instantanée. Cependant cet acide peut être soumis à une température effective de 300 degrés, et même très-supérieure, pendant quelques secondes, sans éprouver de décomposition appréciable. Le formiate de baryte se détruit complétement à 260 degrés en cent-vingt heures; tandis qu'il résiste en partie pendant quelques minutes à une température réelle de 500 degrés, etc. On conçoit, dès lors, que dans une réaction donnée on puisse voir apparaître des produits secondaires, tels que les carbures pyrogénés, l'oxyde d'argent, l'acide azotique, formés dans des conditions incompatibles avec leur existence prolongée. Mais c'est à une double condition : il faut faire intervenir une énergie étrangère, telle que celle d'une action simultanée capable d'effectuer une combinaison qui n'aurait pas lieu isolément (1), et il faut soustraire aussitôt cette combinaison par un refroidissement brusque à l'action lentement décomposante de la haute température à laquelle la combinaison a été formée. »

---

(1) Souvent même les conditions où cette action simultanée se produit ont aussi pour effet d'accroître la stabilité du nouveau corps : c'est ainsi que l'acide azotique bouillant, en même temps qu'il oxyde le soufre fondu, en transforme une partie en soufre insoluble et assure, par son contact, la stabilité de ce dernier à 115 degrés, c'est-à-dire à une température qui détruirait presque instantanément le soufre insoluble, s'il était isolé.

BOTANIQUE. — *De la théorie carpellaire d'après des Tiliacées;* par M. A. Trécul.

« Le système fibrovasculaire du pédoncule est ordinairement pentagonal au bas de la fleur (*Grewia occidentalis, Tilia* divers, etc.), ou quadrangulaire (*Sparmannia africana*); les angles, devenant de plus en plus saillants en approchant du réceptacle, émettent chacun un faisceau qui, après s'être écarté, se ferme sur sa face interne et forme un petit cylindre qui peut devenir très-ligneux (*Entelea arborescens, Grewia occidentalis*, etc.), et dans lequel les groupes vasculaires sont orientés d'après une ligne droite, comme dans un petit axe.

» Dans les *Tilia*, chacun des cinq faisceaux basilaires ainsi produits fournit les faisceaux d'un sépale, un ou deux faisceaux pétalins et ceux d'un nombre variable d'étamines. Pour cela un segment externe de chaque faisceau basilaire s'écarte d'abord et va au sépale qui lui est opposé. Avant d'y arriver il se divise en trois branches : l'une médiane se prolonge dans le milieu du sépale, deux latérales, dont chacune va obliquement à la rencontre d'une homologue qui vient du faisceau basilaire voisin, s'unit avec elle directement ou par l'intermédiaire d'un fascicule oblique; *ces deux branches réunies n'entrent point dans un pétale, comme cela a été dit;* mais chacune d'elles monte dans le côté du sépale placé au-dessus, où elle constitue les nervures latérales, avec le concours d'un ou deux rameaux qu'elle a émis avant d'arriver à ce sépale.

» Chaque pétale des *Tilia* a pour base un ou deux faisceaux qui lui sont propres. Quand il en a deux, ils sont comme à cheval sur l'intervalle qui sépare deux des cinq faisceaux basilaires décrits, et ils s'insèrent latéralement au-dessus du point d'attache des faisceaux qui vont au calice. Les deux faisceaux destinés à un pétale s'unissent au-dessous de celui-ci en un seul, qui se ramifie après y être entré. Mais, le plus souvent, chaque pétale est inséré par un seul faisceau, l'un des deux que je viens de signaler n'existant pas. Alors les faisceaux d'insertion des cinq pétales sont ordinairement dirigés dans le même sens, soit de droite à gauche, soit de gauche à droite. Très-rarement, dans la même fleur, les uns viennent de droite et les autres de gauche; très-rarement aussi certains pétales d'une même fleur n'ont qu'un faisceau d'insertion, tandis que les autres en ont deux.

» L'insertion des étamines est non moins remarquable. Dans quelques espèces, il y a des étamines de deux origines (*Tilia platyphylla, microphylla*) : les unes, plus nombreuses, sont insérées au-dessus du point

d'attache des faisceaux pétalins sur les faisceaux sortis des angles du pentagone, tandis que les autres émanent des faces de celui-ci; il ne sort ordinairement de chaque face du pentagone qu'un seul faisceau staminal, mais ce faisceau se bifurque quelquefois dans le *T. platyphylla* et donne alors deux étamines. Dans les *T. americana, pubescens, heterophylla*, ces étamines à insertion *vasculaire* oppositipétale n'existant pas, tous les faisceaux staminaux convergent vers les cinq faisceaux basilaires, sur lesquels ils sont fixés; tous, par conséquent, ont une insertion oppositisépale. A la place de l'étamine ou des étamines opposées à chaque pétale, il y a un staminode pétaloïde. Le *T. corallina* est très-instructif sous ce rapport, en ce qu'il présente à la fois des fleurs pourvues de staminodes et des fleurs dans lesquelles chaque staminode est remplacé par une étamine plus grosse que les autres. On trouve même souvent cette étamine transformée à des degrés divers en staminode pétaloïde. Le filet devenu lamellaire porte alors sur ses bords des traces de l'anthère, dont les loges sont plus ou moins conservées. Chaque staminode comme chaque étamine ne reçoit qu'un seul faisceau, qui est inséré, comme je l'ai dit, sur le milieu de la face correspondante du pentagone réceptaculaire.

» Le nombre des étamines varie beaucoup dans chaque fleur, suivant les espèces. Il n'y en a que de 14 à 26 dans les fleurs du *Tilia microphylla;* environ 40 dans les fleurs du *T. pubescens*, c'est-à-dire 8 dans chaque groupe à insertion oppositisépale; il y en a 10 à 12 dans chacun des cinq groupes du *T. americana*, et 12 à 15 dans chaque groupe du *T. heterophylla*.

» Il convient d'ajouter que, dans la symétrie de la fleur, les staminodes ou les étamines qu'ils représentent forment un verticille particulier. Il existe en effet dans chaque fleur 5 sépales, 5 pétales alternes avec ceux-ci, 5 groupes d'étamines avec insertion oppositisépale de leurs faisceaux, 5 staminodes alternes avec ces 5 groupes d'étamines, enfin ordinairement 5 carpelles alternes avec les staminodes et opposés aux sépales.

» Quand chaque fleur possède un nombre de carpelles égal à celui des sépales et des pétales, chaque carpelle est oppositisépale, et pour le constituer il sort des angles du pentagone réceptaculaire un fascicule ou deux qui, sur des coupes longitudinales, se montrent parfois insérés sur les faisceaux angulaires qui ont donné ceux des sépales, des pétales et des étamines oppositisépales. Ce fascicule ou ces fascicules semblent alors n'être que les derniers rameaux émis par ces faisceaux basilaires. D'autres fois ces fascicules sont insérés plus bas, comme dans l'aisselle des faisceaux basi-

laires. S'il n'y en a qu'un dans chaque aisselle, il se partage plus haut en deux (*T. heterophylla*, etc.). Ces deux fascicules montent parallèlement à petite distance l'un de l'autre dans la paroi de l'ovaire, en opposition avec les loges. Ils se réunissent au sommet de l'ovaire avant d'entrer dans le style, et représentent la nervure médiane des carpelles. On remarque quelquefois encore, dès l'époque ovarienne ou seulement un peu plus tard dans la jeunesse du fruit, quelques autres fascicules qui se détachent du réceptacle, ou même de la base du faisceau des staminodes, et qui montent dans les parois de l'ovaire. Dans les *Tilia americana*, *heterophylla* et *corallina*, on en aperçoit deux ou trois qui sont opposés à chaque cloison, et un peu plus externes que les couples opposés aux loges.

» Ce qui reste de chaque face du pentagone réceptaculaire se prolonge dans la région centrale, et y donne lieu d'abord à un faisceau muni de deux groupes vasculaires, qui un peu plus haut s'unissent en un seul. Ainsi sont constitués les cinq faisceaux placentaires, qui montent en opposition avec les cloisons et pénètrent dans le style, où, avec les faisceaux venus de la périphérie, ils forment un pentagone qui présente un faisceau dans chaque angle et un ou deux sur chaque face. Ces divers faisceaux vont se terminer dans les cinq lobes stigmatiques en s'unissant plusieurs ensemble. Mais, dans leur course à travers l'ovaire, les cinq faisceaux placentaires qui, au moins dans les *T. heterophylla* et *pubescens*, ont leurs vaisseaux tournés vers le centre dans toute leur longueur, décrivent une courbe dont la convexité est dirigée vers l'extérieur, et ils émettent, chemin faisant, des rameaux internes et des rameaux externes. Les internes sont très-grêles et leur étude demande beaucoup d'attention. Les uns fournissent les faisceaux des ovules; les autres insérés un peu au-dessous des loges, à l'origine de la courbure, vont se terminer où elle finit et simulent la corde des arcs décrits par les placentaires. Ces fascicules internes sont reliés les uns aux autres (*T. heterophylla*, *pubescens*). Les rameaux externes des placentaires sont insérés à la hauteur des ovules et plus haut; ils montent obliquement à travers les cloisons et le parenchyme qui couvre les loges, en se bifurquant deux ou trois fois dans le plan vertical et aussi dans le plan contraire (*T. americana*). Leurs rameaux, disposés en sens inverse de la direction qu'ils auraient si l'on avait affaire à des feuilles devenues carpelles, concourent, avec les faisceaux qui montent du réceptacle, à former la strate fibrovasculaire et réticulée, qui donne au péricarpe sa consistance ligneuse.

» Les deux faisceaux longitudinaux opposés aux loges, représentant la nervure médiane des carpelles, ne font point, à proprement parler, partie constituante de la strate fibrovasculaire; ils sont plus internes qu'elle, placés à quelque distance et enveloppés par le parenchyme interne; ils envoient seulement à cette strate des rameaux latéraux.

» Cette strate, qui débute dans la jeunesse de l'ovaire par une couche génératrice semblable à celle de la tige des arbres dicotylédonés, dans laquelle les cellules se multiplient de même en séries radiales, se partage en deux zones bien distinctes : la plus interne est formée par un plexus de faisceaux fibrovasculaires anastomosés entre eux; la plus externe est composée d'une multitude de petits groupes de cellules scléreuses étendues radialement, qui reçoivent les extrémités de fascicules vasculaires émanés du plexus placé en dedans. Une épaisse couche de parenchyme vert enveloppe le tout, et est elle-même revêtue par un épiderme chargé de poils à rameaux rayonnants.

» Du système fibrovasculaire quadrangulaire du sommet du pédoncule du *Sparmannia africana* s'écartent des angles quatre faisceaux, qui montent au-dessous du milieu des sépales; un peu plus haut, quatre autres faisceaux alternes avec les premiers sortent de l'axe, montent au-dessous des intervalles des sépales et s'y bifurquent, tandis que les quatre premiers se divisent en trois, dont un médian qui se prolonge dans le milieu du sépale placé au-dessus, et deux latéraux qui vont au-devant des branches de la fourche des quatre autres faisceaux. De l'union de ces branches résultent huit arcades, dont chacune fournit des faisceaux latéraux aux moitiés correspondantes de deux sépales.

» Avant de se bifurquer, les quatre faisceaux opposés aux intervalles des sépales émettent, à des hauteurs variables, un faisceau qui se prolonge dans le pétale superposé et produit sa nervation. Il arrive cependant assez souvent que le faisceau destiné à un pétale s'insère directement sur l'axe : il est alors comme axillaire du faisceau calicinal correspondant.

» De même que les faisceaux basilaires des pétales sont souvent insérés sur des faisceaux destinés au calice, de même les faisceaux basilaires simples des groupes d'étamines s'insèrent fréquemment sur ceux des pétales. Il naît ainsi un premier verticille de faisceaux staminaux oppositipétales; mais, un peu plus haut, il sort directement de l'axe d'autres faisceaux staminaux qui sont oppositisépales. Les uns et les autres se divisent en rameaux assez nombreux; ceux qui sont oppositipétales se partagent chacun en deux groupes, qui, chacun de son côté, vont se joindre au groupe oppositisépale

voisin. Tous ces fascicules, s'anastomosant entre eux, forment un plexus duquel sort chaque groupe d'étamines avec ou sans anthères, visible à l'extérieur et oppositisépale.

» Jusque-là la fleur est symétrique; elle a quatre sépales, quatre pétales alternes avec eux et quatre groupes d'étamines alternes avec les pétales. Le nombre des carpelles étant souvent de cinq ou six, la symétrie est troublée; mais le phénomène qui s'est montré pour l'insertion des faisceaux des pétales et des étamines se reproduit pour celle des nervures médianes des carpelles. Celles-ci, en effet, quoique émanant quelquefois directement de l'axe, s'insèrent bien plus souvent sur des faisceaux staminaux, non pas seulement sur le faisceau basilaire simple d'un groupe d'étamines, mais aussi sur un des rameaux de ces basilaires.

» Après l'émission des faisceaux staminaux supérieurs, ce qui reste de l'axe se dispose en un cylindre qui se prolonge dans le centre du pistil, où ses faisceaux s'anastomosent près de la base des loges. A partir de ces anastomoses, plusieurs faisceaux se répartissent dans l'extrémité en coin de chacune des cloisons, d'où les uns montent dans les ovules, tandis que d'autres branches des faisceaux placentaires montent dans les cloisons mêmes. Au-dessus de l'insertion des ovules, le faisceau placentaire restant seul a ses vaisseaux tournés vers le dehors et envoie, à travers les cloisons, de nouveaux rameaux qui rejoignent les nervures médianes. Les faisceaux qui parcourent les cloisons se prolongent les uns dans la paroi externe d'un seul carpelle, les autres, se bifurquant, envoient une branche dans la paroi dorsale de chacun des deux carpelles adjacents; mais, dans la fleur, les faisceaux transverses débordent à peine des cloisons dans la paroi externe. Ce n'est que plus tard qu'ils sont en relation avec les nervures médianes. A l'époque de la floraison, chacune de celles-ci est seulement bifurquée dans sa partie supérieure, et chaque branche va s'unir avec le sommet d'un faisceau placentaire différent, qui lui-même est en rapport avec les branches correspondantes des nervures médianes des deux carpelles voisins. Ni les faisceaux placentaires ni les nervures médianes n'entrent dans le style, qui ne reçoit aucun faisceau.

» Pendant l'accroissement du jeune fruit, les faisceaux transverses venus des placentas se ramifient dans la paroi externe, donnent lieu à un réseau à petites mailles qui les réunit avec la nervure médiane. C'est des faisceaux composant ce réseau que partent les éléments vasculaires et fibreux que j'ai signalés antérieurement dans les piquants qui garnissent la surface du fruit. Ces piquants se terminent par une longue cellule aiguë à parois for-

tement épaissies; mais leur base renflée est complexe. Outre les vaisseaux et les fibres ligneuses qui les accompagnent, une couche de parenchyme vert est placée sous l'épiderme, qui est lui-même hérissé comme celui de l'ovaire ou du fruit.

» L'ovaire, en effet, porte deux sortes de poils : les uns sont unicellulaires, à parois épaisses, et pointus; les autres, renflés au sommet, sont composés de cellules superposées et en partie divisées par des cloisons verticales.

» Je m'abstiens, dans ce travail, de parler des nombreuses cellules gommeuses répandues dans la fleur et dans le péricarpe des Tiliacées; mais je mentionnerai ici la répartition de cristaux en groupes étoilés dans les cellules internes de la paroi extérieure des loges de l'ovaire du *Sparmannia;* il n'en existe pas dans les cloisons à cet âge.

» Le fruit de l'*Entelea arborescens*, sur lequel je reviendrai plus tard, a la plus grande ressemblance avec celui du *Sparmannia*.

» Il est à peu près superflu de faire remarquer que la constitution de ces fruits et de ceux des *Tilia* ne concorde pas du tout avec la structure des feuilles; mais je ne terminerai pas sans exposer quelques réflexions que suggère l'insertion des diverses parties de la fleur, et en particulier l'étonnante insertion de la nervure médiane des carpelles, surtout dans le *Sparmannia*, l'*Entelea* et le *Grewia occidentalis*.

» Cette insertion fournit une objection puissante contre la théorie des feuilles modifiées. D'après cette théorie, le carpelle étant une feuille, les faisceaux placentaires n'en seraient que des nervures latérales. Cette opinion ne saurait s'appliquer aux plantes que je viens de nommer, car en elles les faisceaux placentaires sont dans la prolongation de l'axe, tandis que les nervures médianes ne sont que rarement insérées sur cet axe.

» Dans le *Sparmannia*, qui vient d'être décrit, les nervures médianes des carpelles sont le plus souvent insérées *sur des faisceaux staminaux basilaires*, qui devront être regardés, par les adversaires de l'avis que je soutiens, *comme appartenant à des feuilles staminales*. On est conduit à se demander si ces faisceaux staminaux basilaires simples sont formés par la base d'autant de feuilles qu'ils sont surmontés d'étamines. Si chaque étamine représente une feuille, que de difficultés n'éprouvera-t-on pas pour les répartir sur l'axe d'après les lois de la phyllotaxie? Si au contraire on veut prétendre, conformément à la symétrie de la fleur, que chaque groupe d'étamines, qui en contient de trente-huit à cinquante-sept, ne représente qu'une seule feuille, quelle singulière feuille n'aura-t-on pas? Les bota-

nistes ne s'étant guère accordés pour expliquer la formation d'une étamine par une feuille, comment s'entendront-ils pour expliquer la transformation d'une feuille en cinquante étamines? Il ne faut pas oublier que cette prétendue feuille si complexe serait souvent combinée avec le prolongement inférieur de la nervure médiane d'une feuille carpellaire. De plus, cette feuille staminale aurait trois faisceaux d'insertion, et ces trois faisceaux ne s'inséreraient même pas tous sur l'axe : le médian, qui est le supérieur, s'appuierait seul sur cet axe; mais les deux latéraux s'inséreraient chacun sur le faisceau basilaire d'un pétale, qui lui-même s'insère tantôt sur un faisceau basilaire latéral du calice, tantôt dans l'aisselle de ce faisceau. Que de difficultés accumulées pour soutenir une théorie inutile!

» Les *Tilia* en présenteraient d'analogues, puisque chaque groupe d'étamines oppositisépale s'insère sur le même faisceau basilaire que le sépale voisin, auquel s'ajoutent encore un ou deux faisceaux pétalins. En outre, chez ces arbres, chaque groupe de faisceaux staminaux à insertion oppositisépale ne représente aussi qu'une pièce du verticille, et de chaque groupe émanent souvent dix ou quinze étamines. Il répugne de croire que ces quinze étamines soient formées par une feuille, quand, auprès d'elles, chacune des cinq étamines du verticille oppositipétale, qui ont la même structure (*T. corallina*), exigerait une feuille entière pour se constituer. Puisque quinze ou cinquante-sept étamines, *tout aussi bien qu'une seule de même structure*, peuvent tenir la place d'une pièce d'un verticille, il est clair qu'une étamine n'est pas formée par une feuille. Il y a là un mode de la ramification, et c'est tout.

» Je ferai remarquer encore que rien ne prouve mieux la vanité de la distinction des axes et des appendices que les faisceaux basilaires supports des sépales, des pétales et des étamines, *qui ont la constitution de petits axes ligneux avec rayons médullaires*, et dont tous les éléments sont symétriquement rangés autour d'une ligne droite. Je ne puis mieux terminer qu'en décrivant leur disposition et leur ramification dans le réceptacle que termine le fruit du *Grewia occidentalis*.

» Un peu au-dessous de l'insertion des sépales, qui sont tombés, il s'écarte de l'axe ligneux du pédoncule cinq faisceaux qui se ferment sur leur face interne, et qui forment comme autant de petits axes très-ligneux, montant à quelque distance autour de l'axe fibrovasculaire central, plus volumineux. Chacun de ces cinq faisceaux émet une branche qui se divise en trois : la médiane se prolonge directement dans un sépale; les deux latérales vont, chacune de son côté, à la rencontre de la branche semblable

venue du faisceau subcalicinal voisin, et elles envoient des rameaux dans le côté des sépales placés au-dessus. Ces branches, qui marchent l'une vers l'autre, s'unissent et donnent, de leur point de jonction, extérieurement un faisceau pétalin, intérieurement un faisceau ligneux à organisation axile. Cinq nouveaux faisceaux de cette structure sont donc produits ; ils s'interposent aux cinq premiers, et montent jusqu'au-dessus du disque qui partage en deux parties le réceptacle du *Grewia*. Là ces cinq faisceaux se divisent et leurs branches aboutissent à des cicatrices staminales. Les cinq autres faisceaux, semblables aussi à de petits axes ligneux, un peu plus gros que les derniers, montent jusque auprès du fruit et, chemin faisant, ils envoient également des rameaux à des cicatrices staminales. Au bas du fruit ces cinq faisceaux se divisent ; leurs branches, distribuées suivant deux arcs, *vont constituer*, avec le concours des rameaux transverses fournis par les faisceaux placentaires, *le réseau des parois périphériques des deux carpelles*, qui n'ont rien de la structure de la feuille.

» En outre, le cylindre ligneux central qui monte indivis depuis la base du réceptacle se partage sous le fruit en quatre faisceaux placentaires, formant aussi comme autant de petits axes ligneux d'abord cylindriques. Un peu plus haut ces faisceaux, en s'unissant deux à deux, produisent deux faisceaux en gouttières, qui peuvent s'allier par les bords, et du dos desquels partent des rameaux qui traversent les cloisons. Chose singulière, chaque faisceau en gouttière est lui-même formé par une zone contournée de cette façon, dont les vaisseaux sont orientés, comme si chaque gouttière formait un axe particulier.

» Je m'arrête ici. N'est-il pas évident que la distinction des axes et des appendices est illusoire ? N'est-il pas prouvé par ce qui précède que les parties de la fleur et les feuilles ne sont que des formes de la ramification destinées à remplir des fonctions diverses ? »

MINÉRALOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences sur l'imitation artificielle du platine natif magnétipolaire ;* par M. DAUBRÉE.

« On sait que certains échantillons de platine natif, non-seulement agissent sur l'aiguille aimantée, mais encore sont magnétipolaires à la manière de véritables aimants. Berzélius, dans un Mémoire sur la composition des minerais de platine (1), a signalé cette propriété pour quel-

---

(1) *Poggendorff's Annalen* t. XIII, p. 564 ; 1828.

ques-unes des pépites de Nischné-Tagilsk (Oural) qu'il a soumises à l'analyse (1).

» Les sables aurifères de l'Oural laissent, à la fin des lavages qu'on leur fait subir, un résidu dans lequel l'or est associé à des substances ferrugineuses. Pour en séparer ces dernières, au moins en partie, on se sert d'un fort aimant d'oxyde de fer magnétique naturel provenant de la mine de Blagodat. Or, après que cet aimant n'agit plus aucunement, un aimant de platine natif peut encore soutirer des grains ferrugineux en quantité très-notable. Telle est l'observation intéressante qu'a faite notre éminent correspondant, M. de Kokscharow, en 1866, lors d'un voyage dans l'Oural, en concluant que le magnétisme polaire des aimants de platine surpasse beaucoup en intensité celui des aimants ordinaires de fer oxydulé, que la nature présente (1).

» Diverses analyses ont appris que les grains de platine doués du magnétisme sont toujours alliés à une quantité de fer très-notable (12 à 19). Breithaupt, ayant remarqué que la densité de ces grains ferreux est très-sensiblement inférieure à celle du platine ordinaire, a proposé, dès 1826, d'en faire une espèce distincte, sous le nom de *Eisenplatin;* cependant, après avoir mentionné le magnétisme polaire des pépites de Nischné-Tagilsk, M. Gustave Rose ajoutait que leur teneur en fer ne paraît pas suffire pour rendre compte de cette propriété, et il supposait que l'iridium qu'il renferme pourrait y contribuer (3).

» M. Jaunez Sponville, ingénieur des mines et usines du prince Demidoff, a eu l'obligeance de me rapporter récemment quelques échantillons magnétipolaires de platine, recueillis aux exploitations qu'il dirige dans l'Oural, près de Nischné-Tagilsk (4). La pépite principale, du poids de 12 grammes, présente trois axes et six pôles dont on peut reconnaître la situation, soit au moyen de l'action qu'ils exercent sur l'aiguille aimantée, soit en examinant les figures qu'ils font naître dans de la limaille de fer

---

(1) Une pépite magnétipolaire du poids de $3^{kg},833$ est en la possession de S. A. I. le duc Nicolas de Leuchtenberg.

(2) *Bulletin de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg*, t. VIII; 1866. — *Materialen der Mineralogie Russlands*, t. V, p. 180.

(3) Gustave Rose, *Reise nach Ural*, t. II, p. 389. Swanberg paraît avoir eu la même opinion (*Rammelsberg Handwoerterbuch der Mineralogie*, 2e édition, p. 11).

(4) Les plus petits grains ne pèsent que $0^{gr},35$ à $0^{gr},09$; deux autres, qui pèsent environ 2 grammes, sont hérissés de cristaux mal formés, dont la configuration rappelle celle du cube, et ressemblent à ceux que l'on trouve quelquefois engagés au milieu du fer chromé.

répandue sur une feuille de papier, selon la portion de la pépite qu'on en approche.

» On pouvait se demander si de l'oxyde magnétique disséminé dans le platine natif ne pouvait pas être la cause de cette polarité. La pépite principale ayant été polie de manière à présenter une face très-miroitante, on traita cette dernière par l'acide chlorhydrique concentré, qui fut sans action à froid et même à chaud. Le même échantillon étant soumis ensuite à une chaleur rouge, on voit apparaître sur la face polie des irisations très-vives : des zones, de couleurs fort différentes et séparées par des contours tout à fait nets, sont disposées concentriquement autour des cavités et aspérités de l'échantillon. Ces bandes, en annonçant que la substance est loin d'être homogène, montrent en outre de quelle manière les divers alliages s'y sont répartis. Mais on n'y remarque rien qui manifeste une structure cristalline, comparable à celle que révèlent si nettement les figures de Vildmanstaedt sur les fers d'origine météorique. Enfin l'eau régale, en attaquant cette surface polie, y fait apparaître, en saillie, de petits grains d'un gris d'acier, qui restent inattaqués, comme le ferait de l'osmiure d'iridium.

» Les pépites de platine étant des alliages très-complexes des métaux qui appartiennent au groupe du platine et de plusieurs autres, il convenait, pour se rendre compte de la cause de leur polarité magnétique, de procéder par la synthèse. C'est ce que j'ai fait, en profitant de l'installation si bien organisée au Conservatoire des arts et métiers pour la fusion du platine, grâce à l'extrême obligeance de notre savant confrère, M. Tresca, et à celle de M. Gustave Tresca, auquel je suis redevable d'un concours aussi habile qu'empressé.

» Avant de former directement des alliages, j'ai désiré voir si, après la fusion, un aimant de platine conserve sa propriété magnétipolaire. Une pépite de cette nature étant fondue dans un creuset de chaux, on voit, pendant qu'elle est en pleine liquéfaction, en jaillir des étincelles dues, sans doute, à la combustion d'une partie de son fer. En même temps, à la surface du bain incandescent, apparaît une pellicule opaque qui s'y meut rapidement, rappelant exactement ce qui arrive dans la coupellation de l'argent; mais, au lieu de l'oxyde de plomb, c'est de l'oxyde de fer qui se produit ici, et qui après le refroidissementt orme une croûte cristalline sur une partie du bouton métallique. Le culot obtenu, après une fusion prolongée pendant une minute environ, était encore magnétique, mais plus faiblement que l'échantillon primitif, et il ne présentait plus de polarité; il a toutefois repris cette dernière propriété sous l'action d'un électro-aimant.

Le changement observé à la suite de la fusion ne résulte sans doute que de l'élimination d'une partie notable du fer allié au platine, par suite de l'oxydation.

» Les fusions dont il va être question, de même que cette première, ont eu lieu dans un creuset de chaux, sous l'action du chalumeau alimenté par le gaz d'éclairage et l'oxygène.

» En vue du but qu'il s'agissait d'atteindre, on a fondu du platine avec un quart de son poids de fer (24 grammes de platine et 6 grammes de fer). Le platine étant en pleine fusion on y a ajouté du fil de fer très-doux (1), qui avait préalablement été réuni et tordu comme une sorte de corde, afin d'éviter des pertes considérables, à cette haute température, par l'action de l'oxygène. Aussitôt que ce fil pénètre dans le platine fondu, il est instantanément dissous, en donnant lieu, comme dans le cas précédent, d'une part à des étincelles, de l'autre à une scorification, lors même que la substance ne reste en fusion qu'une fraction de minute. Sans aucune autre préparation que celle qui vient d'être indiquée, on obtient, après refroidissement et au sortir même du creuset, un bouton manifestant un magnétisme polaire très-prononcé.

» Dans le désir de l'étirer sous forme de barreau, j'ai essayé de le faire forger; mais l'opération n'a pu réussir ni à froid ni à chaud : l'alliage s'est brisé sous le marteau en fragments grenus, à peu près comme le font les pépites naturelles de composition analogue.

» Le magnétisme polaire s'est également manifesté dans chacun des fragments. Par conséquent, la seule présence du fer, en proportion convenable, suffit pour rendre compte de la polarité du platine natif.

» Afin d'obtenir l'alliage magnétipolaire sous une forme allongée, on a entaillé dans de la chaux une rainure avec un couteau bien tranchant, de manière à présenter la forme d'un prisme à base de trapèze, disposé horizontalement. Après moins d'une minute de fusion dans cette rainure, pendant laquelle se sont reproduits les faits d'oxydation précédemment indiqués, on a obtenu un barreau qui agissait non-seulement sur l'aiguille aimantée, mais aussi présentait des pôles énergiques de nom contraire, lesquels ont persisté après qu'il a été dégagé de l'enduit scoriacé et magnétique dont il était recouvert. Ces pôles étaient au nombre de quatre, deux à chacune des extrémités du barreau.

(1) Fil de bobine électro-magnétique.

» Cet alliage se comporte sous le marteau de même que le premier. L'état moléculaire de l'un et de l'autre se rapproche de celui des pépites magnétipolaires. Leur dureté est voisine de celle de l'apatite, mais un peu inférieure.

» Dans la fusion dont il vient d'être question, non-seulement du fer s'était partiellement oxydé, mais un peu de platine avait probablement disparu en petites grenailles. Aussi, au lieu de calculer le fer allié par l'augmentation de poids, était-il plus sûr de recourir à un dosage direct. L'analyse qui a été faite au bureau d'essais de l'École des Mines, sur le produit de la première opération, a donné :

Fer	16,87
Platine	83,05
Total	99,92

» La densité est de 15,66 pour le premier alliage et de 15,70 pour le second; la composition de ce dernier doit donc être très-voisine de celle qui vient d'être donnée. Par leur proportion de fer et par leur densité, ces alliages se rapprochent beaucoup des pépites magnétipolaires naturelles, malgré la présence des métaux étrangers que celles-ci renferment (1).

» Après avoir ainsi reproduit le platine magnétipolaire semblable à celui que présente la nature, il convenait de voir comment se comportent des alliages d'une teneur plus considérable en fer.

» Des alliages de platine, riches en fer, ont déjà été préparés, il y a longtemps, par Faraday et Stodart, mais ces savants ont passé sous silence la manière dont les alliages qu'ils ont obtenus agissent sur le barreau aimanté.

» Un alliage où j'avais introduit, sur 100 parties, 99 de fer et 1 de platine, après une fusion complète, tout en étant fortement magnétique, n'a pas donné de traces de polarité, même après avoir été étiré en barreau. Deux autres alliages de platine contenant, l'un 75 de fer, l'autre 50 pour 100 du même métal, se sont comportés à peu près de même (2).

» J'ajouterai qu'un des alliages formés par Berthier contient 1 équiva-

(1) De Kokscharow, ouvrage précité, tome V, p. 179-188. Dans des grains magnétiques de Nischné-Tagilsk, M. de Muchin a trouvé 17,13 pour 100 dans les grains de teinte noirâtre, et 15,88 pour ceux de teinte plus blanche.

(2) Pour ces trois fusions au creuset, j'ai eu recours à l'obligeance de M. le L^t-Colonel Caron.

lent de chacun des deux métaux, c'est-à-dire 78,4 de platine et 21,6 de fer; or j'ai constaté que cet alliage, conservé au laboratoire de l'École des Mines, bien qu'imparfaitement fondu, est également magnétipolaire.

» Ainsi, quelque prononcé que soit le pouvoir magnétique du fer, les alliages où ce métal prédomine n'ont pas acquis la polarité, dans les mêmes conditions que l'alliage obtenu d'abord. D'un autre côté, il résulte des nombreuses analyses que l'on possède que le platine natif, renfermant seulement une faible proportion de fer, n'est pas magnétipolaire.

» La propriété remarquable dont il s'agit paraît correspondre à certaines proportions de fer qui ne sont pas considérables.

» On sait que les minéraux dits *magnétiques*, c'est-à-dire qui attirent les deux pôles de l'aiguille aimantée, peuvent, à la suite de diverses opérations, devenir magnétipolaires. M. Delesse a fait, il y a longtemps, des expériences de ce genre, pour des minéraux variés (1). En ce qui concerne le platine, M. Edmond Becquerel a montré qu'il suffit de traces de fer pour que ce métal, sous l'influence de pôles énergiques, acquière aussi la propriété magnétique (2).

» Mais, d'après les expériences que je signale aujourd'hui, la polarité magnétique apparaît immédiatement, d'une manière très-prononcée, dans l'alliage, au moment où il sort du creuset suffisamment refroidi, et cela, sans passer par aucune opération spéciale, par aucune *touche*. Si l'on compare ce fait à ce que l'on sait de l'acier fondu dans les mêmes circonstances, on est conduit à admettre que le platine allié de fer, dans des proportions convenables, devient exceptionnellement susceptible d'acquérir, en quelques instants, l'état magnétipolaire. Or cet état ne peut s'acquérir que sous une forte induction magnétique, qu'il était très-naturel d'attribuer à l'influence du globe.

» Pour contrôler cette explication et voir quelle est la part de l'action inductrice du globe sur la situation des pôles qui prennent ainsi naissance, j'ai repris la dernière expérience, mais, cette fois, en disposant le petit barreau, pendant sa fusion, exactement dans le plan du méridien magnétique. Dès qu'il a été solidifié, il a, de plus, été placé, encore très-chaud, parallèlement à l'aiguille d'inclinaison, jusqu'à son refroidissement complet, qui, en raison de sa petite dimension (13 grammes), a eu lieu en moins de dix minutes. J'ai alors reconnu que le barreau présente, vers ses deux

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXII, p. 110; 1851.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXV.

extrémités, deux pôles qui agissent très-énergiquement et sont disposés exactement comme ceux de l'aiguille aimantée, c'est-à-dire que l'extrémité tournée vers le nord magnétique repousse fortement le pôle nord de l'aiguille aimantée, et inversement attire le pôle sud de cette même aiguille.

» Il convenait de s'assurer que cette disposition des pôles n'est pas fortuite; à cet effet, j'ai chauffé au rouge ce même barreau, mais en lui donnant une situation diamétralement inverse de celle sous laquelle il avait acquis ses pôles. Le barreau possède alors des pôles magnétiques aussi énergiques qu'avant l'opération, mais exactement renversés.

» Ces faits sont analogues à celui qu'a signalé M. Sidot, dans d'ingénieuses expériences (1), où il a produit l'oxyde et le sulfure de fer magnétiques. Ils confirment l'importance que l'action générale du globe doit avoir eue sur la disposition des pôles dans les divers minéraux et roches magnétiques, au moment où ces minéraux et ces roches se sont formés, importance qu'il possède encore à tout instant.

» Le fait qui forme l'objet principal de cette Note paraît mériter d'être étudié au moyen d'un plus grand nombre d'expériences, notamment en ce qui concerne les circonstances dans lesquelles naissent les pôles et le magnétisme spécifique de divers alliages de platine et de fer, comparativement à des aimants naturels ou artificiels. Les résultats pourraient offrir de l'intérêt au point de vue de la théorie et peut-être aussi à celui de l'application, dans les cas où l'on désirerait une grande inaltérabilité dans les aiguilles ou barreaux aimantés. »

PHYSIQUE. — *Note sur le magnétisme*; par M. Th. du Moncel.

« Les intéressantes expériences dont mon savant confrère, M. Jamin, a exposé les résultats à l'Académie dans sa séance du 15 février dernier, me rappellent une série de recherches que j'ai faites en 1862 sur les électro-aimants tubulaires et qui confirment pleinement ses idées sur la pénétration limitée de l'action magnétisante.

» A l'époque où j'ai fait ces expériences, les savants étaient très-divisés sur l'énergie de ces sortes d'électro-aimants, comparée à celle d'électro-aimants à noyaux massifs de même diamètre. Les uns croyaient qu'elle était la même dans les deux cas; d'autres la regardaient comme très-différente,

---

(1) *Recherches sur la polarité magnétique de la pyrite de fer et de l'oxyde correspondant préparés artificiellement* (*Comptes rendus*, t. LXVII, p. 175; 1868).

et moi-même j'avais, quelques années auparavant (en 1853), trouvé des résultats très-contradictoires. Je résolus d'élucider cette question, et je fis construire en 1862, avec beaucoup de soin, par M. Gaiffe, deux noyaux d'électro-aimants exactement de même diamètre et de même longueur et susceptibles de s'adapter dans la bobine magnétisante de ma balance magnétique. L'un de ces noyaux était massif, l'autre était tubulaire, mais un cylindre de fer qu'on pouvait introduire à l'intérieur de ce dernier permettait d'en faire un noyau massif. Ces deux noyaux étaient détachés d'un même morceau de fer, et leurs dimensions étaient : 7 centimètres en longueur, 14 millimètres en diamètre, et l'épaisseur du tube était de 2 millimètres. La bobine magnétisante était enroulée avec du fil n° 16 de $\frac{4}{10}$ de millimètre de diamètre, et celui-ci, qui fournissait 2800 spires, avait une longueur de 228 mètres. La pile employée était une pile de Daniell de 20 éléments. Or voici les résultats que j'ai obtenus à une distance attractive de 1 millimètre.

1° Avec le noyau creux................................	25 grammes
2° Avec le noyau massif................................	38 »
3° Avec le noyau creux muni du cylindre intérieur......	37 »

» Le noyau tubulaire avait donc, pour l'intensité électrique que j'employais, une force moindre que le noyau massif, et cette supériorité de force se maintenait quand j'adaptais une masse de fer au pôle opposé à celui qui produisait l'attraction. Les deux forces attractives devenaient en effet dans ce dernier cas 66 grammes et 93 grammes.

» Ayant déjà observé que l'étendue des surfaces polaires jouait un grand rôle dans les attractions magnétiques, j'eus l'idée de couper l'extrémité du cylindre complémentaire de mon noyau tubulaire, de manière à en détacher une sorte de petit bouchon de 5 millimètres seulement d'épaisseur, que je fixais à l'une des extrémités du noyau tubulaire, à l'aide d'une broche de cuivre qui les traversait de part en part. Lorsque ce petit bouchon existait seul à l'extrémité polaire appelée à fournir les attractions, la force attractive à 1 millimètre était, comme avec le noyau massif, 37 grammes, et l'introduction de la seconde partie du cylindre de fer, qui avait 65 millimètres de longueur, ne changeait en aucune façon cette force attractive. Bien plus même, en retirant le bouchon de fer, et laissant par conséquent cette seconde partie du cylindre éloignée de 5 millimètres de l'armature, la force attractive du système est tombée à 25 grammes, c'est-à-dire à la force qu'avait déterminée le noyau tubulaire sans l'adjonction du cylindre intérieur de 65 millimètres.

» Il n'y avait donc plus de doute à avoir, et je pouvais conclure de ces expériences que, pour la force magnétique que je développais, la masse intérieure du noyau magnétique était complétement inutile, sauf dans le voisinage de l'extrémité polaire provoquant l'attraction, où elle agissait, non comme masse magnétique, mais comme surface polaire plus développée.

» Toutefois, cette question de surface m'ayant très-préoccupé, je voulus voir si une bague de fer, enveloppant l'extrémité polaire de mon noyau tubulaire, produirait les mêmes résultats avantageux; mais, à mon grand étonnement, je constatai que la force, au lieu d'être plus grande que celle du noyau tubulaire, était plutôt un peu moindre, et, dans ces conditions, la présence du bouchon de fer ne pouvait plus la ramener à celle développée par le noyau massif. Il m'était donc démontré que, pour obtenir le maximum de la force attractive, il fallait que les surfaces polaires des noyaux magnétiques fussent les mêmes que celle de la section de ces noyaux. J'ai donné, dans mon Mémoire présenté à l'Académie en 1862, et surtout dans mes *Recherches sur les meilleures conditions de construction des électro-aimants*, p. 110, l'explication de ces effets, ainsi que celle de la projection du bouchon de fer en dehors du tube au moment de l'aimantation de ce dernier, quand le bouchon était libre de se mouvoir à son intérieur; je n'y reviendrai donc pas en ce moment. J'ajouterai seulement qu'ayant reconnu que *l'action efficace des électro-aimants tubulaires dépend de l'énergie du courant aimantant*, j'avais établi que l'épaisseur à donner aux électro-aimants tubulaires pouvait être déduite de la relation

$$c' = c\sqrt[3]{\frac{x^2}{4(x-1)}},$$

c' représentant le diamètre du noyau tubulaire, c celui du noyau massif susceptible de s'aimanter à saturation sous l'influence électrique employée, x le diviseur de c' pour représenter l'épaisseur du tube, qui se trouve ainsi rendue fonction du diamètre. Or l'expérience m'a montré que cette valeur de x pouvait être, sans grand inconvénient, portée jusqu'à 7. M. Hughes l'avait fixée à 4 pour les électro-aimants télégraphiques de 1 centimètre de diamètre.

» Depuis mes expériences, les électro-aimants tubulaires à bouchon de fer ou, ce qui revient au même, à semelle de fer, ont été fréquemment employés dans les applications électriques. Ils ont le grand avantage de rendre les désaimantations plus promptes à s'effectuer; ce qui tient préci-

sément à ce que la masse inactive d'un électro-aimant, qui n'est pas entièrement pénétré par l'action magnétisante, réagit comme une armature en déterminant un effet de condensation intérieur qui augmente, ainsi qu'on l'a vu dans ma dernière Note, l'inertie magnétique. A ce sujet, je dois entrer dans quelques détails dont je n'ai pas encore parlé dans les différentes Notes sur le magnétisme que j'ai envoyées à l'Académie, et pour être plus intelligible je n'envisagerai pour le moment qu'un électro-aimant simple à deux branches.

» Dès l'année 1856, j'avais signalé que la force d'un électro-aimant qui n'a pas encore servi est plus considérable, pour une force électrique donnée, que celle du même électro-aimant qui a subi préventivement une forte aimantation, et que, pour obtenir de ce même électro-aimant une force à peu près égale à celle qu'il produisait primitivement, il fallait renverser le sens du courant; encore cette plus grande puissance n'existait-elle que pour la première fermeture du courant. J'avais attribué cet effet au magnétisme rémanent, mais sans en préciser le mode d'action. Depuis j'ai étudié la question plus sérieusement et je me suis assuré qu'en réalité le magnétisme rémanent même, en le considérant indépendamment de l'action condensante, c'est-à-dire après un premier détachement de l'armature, est beaucoup moins grand qu'on ne le croit généralement; je pourrais même dire qu'il est presque nul et réduit à celui que l'on constate dans un simple électro-aimant droit après un premier détachement de l'armature.

» Pour qu'on puisse se faire une idée bien nette du phénomène, il faut considérer que, dans un système magnétique composé d'un électro-aimant à deux bobines uni à son armature, les actions magnétiques donnant lieu à la condensation dont j'ai si souvent parlé se produisent d'une manière double; car l'armature se trouve, par rapport aux deux noyaux recouverts par les bobines magnétisantes, exactement dans les mêmes conditions que la traverse qui réunit ces noyaux, et qu'on désigne vulgairement sous le nom de *culasse*. Par conséquent, s'il y a une condensation magnétique déterminée aux surfaces de jonction de l'armature et des pôles de l'électro-aimant, il doit également s'en produire une aux surfaces de jonction de la culasse et des deux noyaux magnétiques. Il est vrai que, quand on enlève l'armature, le magnétisme condensé aux extrémités polaires de l'électro-aimant, se trouvant libre, doit diminuer considérablement l'action des polarités développées dans le dernier cas, mais cette action ne peut être complétement annulée, et c'est à la condensation qui subsiste aux surfaces de jonction des branches de l'électro-aimant avec la culasse qu'il faut, selon moi,

attribuer en grande partie l'action magnétique rémanente que l'on constate après un premier arrachement de l'armature, et qui est si minime avec les électro-aimants droits n'ayant qu'un pôle actif. Cette condensation s'effectue toutefois dans des conditions assez particulières qu'il est intéressant d'examiner.

» Pour qu'on puisse bien se pénétrer des effets produits, plaçons dans le voisinage d'un électro-aimant, dépourvu de son armature, une aiguille aimantée suspendue sur un pivot. Naturellement, cette aiguille dirigera vers le pôle de l'électro-aimant le plus rapproché d'elle son pôle de nom contraire. Ce sera, je suppose, le pôle nord. Plaçons maintenant l'aiguille dans le voisinage de la culasse de l'électro-aimant vers la partie qui est en contact avec la branche qui a provoqué la première déviation : le pôle de nom contraire de l'aiguille va se trouver immédiatement attiré vers l'extrémité de l'hélice la plus rapprochée de la culasse, montrant ainsi qu'une polarité nord est déterminée en ce point; mais, si l'on vient à interrompre le courant à travers l'électro-aimant, on voit immédiatement l'aiguille tourner sur elle-même et présenter (presque avec la même énergie), à cette partie de l'électro-aimant, le pôle de nom contraire à celui qui avait été attiré au moment de la fermeture du courant. Il est vrai que l'énergie de cette dernière action n'est que momentanée; elle semble même s'évanouir pour laisser réapparaître ensuite moins forte la polarité alors déterminée, et c'est cette action que M. d'Arlincourt a utilisée d'une manière si ingénieuse dans ses relais translateurs; mais elle montre toujours que la condensation effectuée aux points de contact de la culasse avec les noyaux magnétiques est très-sensible et aussi accentuée dans l'origine que celle qui est produite aux pôles de l'électro-aimant. Voici comment on peut se rendre compte des effets précédents.

» Au moment de l'aimantation, les extrémités de chacun des noyaux de l'électro-aimant se polarisent dans un sens différent. Un pôle sud se développant, je suppose, à l'extrémité libre de la branche de droite, un pôle nord se produira vers la culasse, et il en sera de même, mais en sens inverse, pour l'autre branche. Les fluides magnétiques de la culasse qui sont attirés vers les pôles des noyaux en contact avec elle se trouveront alors dissimulés aux points de jonction, et les fluides magnétiques repoussés manifesteront seuls leur présence extérieurement, comme si les deux moitiés de la culasse étaient des épanouissements des pôles avec lesquels elles sont en contact et dont l'action est alors prépondérante. Mais, au moment de la désaimantation de l'électro-aimant, cette dissimulation des fluides

attirés n'ayant plus lieu, puisque les polarités des extrémites libres des noyaux ne sont plus maintenues, ces fluides manifestent leur présence en dehors et donnent lieu à ce renversement de polarités que nous avons constaté. Toutefois ce renversement de polarités doit être immédiatement après sa naissance considérablement atténué, sinon détruit; car le courant induit direct qui naît alors dans les bobines magnétisantes, et qui résulte de la désaimantation des noyaux, se trouve être de même sens que celui qui avait provoqué l'aimantation et tend à rétablir le premier effet, c'est-à-dire à inverser de nouveau les polarités; mais, comme il est de bien moindre énergie que le courant voltaïque, il ne produit par le fait que l'annulation momentanée de ces polarités, lesquelles reparaissent après, sans doute très-affaiblies, mais persistantes, et ce sont elles qui représentent précisément ce magnétisme rémanent qui survit aux premiers arrachements de l'armature dans un système magnétique fermé. Pour le faire disparaître, il faut, comme pour l'armature, détacher la culasse de l'électro-aimant et la replacer ensuite.

» A première vue, on pourrait se demander pourquoi, au moment de la désaimantation, l'action du magnétisme dissimulé de la culasse exerce par rapport à celui des noyaux directement magnétisés par l'hélice une action prépondérante, mais on le comprend aisément quand on considère que la culasse, étant en contact permanent avec les deux noyaux, les polarités qu'elle présente à ses deux extrémités se trouvent maintenues par leur réaction sur ces noyaux eux-mêmes, qui jouent alors, par rapport à elle, le rôle d'armatures, tandis qu'il n'en est pas de même pour ceux-ci, dont l'une des polarités est rendue libre au moment des désaimantations.

» D'après ces effets, il est facile de comprendre pourquoi un électro-aimant qui n'a pas encore servi est plus énergique au moment où on le surexcite pour la première fois que les fois subséquentes. C'est précisément parce qu'il se développe, après la première action magnétique, une condensation qui se maintient indéfiniment, condensation très-affaiblie, il est vrai, par rapport à celle qui se produit dans un système magnétique fermé, mais qui suffit pour fournir une polarité appréciable et qui ne peut être considérée comme étant entièrement le résultat d'une aimantation permanente de certaines particules aciérées du fer. Par la même raison on peut comprendre pourquoi les électro-aimants tubulaires qui ne sont pas pourvus intérieurement d'une masse magnétique inutile et qui, par conséquent, ne donnent pas lieu à un effet de condensation du genre de celui dont il vient d'être question, fournissent des alternatives d'aimantation et de dés-

aimantation beaucoup plus rapides que les électro-aimants massifs. Mais on comprend aisément que ces avantages ne peuvent exister que quand l'épaisseur du tube est en rapport avec l'énergie du courant qui doit l'aimanter.

» Cette propriété du magnétisme de ne pouvoir pénétrer facilement toute une masse magnétique explique facilement la loi de la proportionnalité des forces attractives des électro-aimants aux diamètres de leurs noyaux. Cette loi est plutôt en rapport avec leur surface qu'avec leur masse, et elle explique la force considérable que j'ai pu développer dans un électro-aimant tubulaire (sans bouchon), de 10 centimètres de diamètre de noyau sur 30 centimètres de longueur de branches et 1 centimètre d'épaisseur de tube. Cet électro-aimant avec un simple élément de Bunsen de petit modèle et seulement 482 spires de fil de 4 millimètres de diamètre, fournissait une force attractive de 160 kilogrammes. Cette force augmentait un peu, il est vrai, avec 5 éléments Bunsen convenablement disposés, mais elle n'augmentait pour ainsi dire plus avec 20 éléments, parce que la masse magnétique n'était plus en rapport avec l'énergie électrique. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Service météorologique des ports.*

M. **Le Verrier** expose à l'Académie la nouvelle organisation du service météorologique des ports, telle qu'elle fonctionne à partir de ce jour, 1^{er} mars.

Le service est désormais fait deux fois par jour, le matin et le soir. On estime que l'avis du soir sera particulièrement utile aux bateaux pêcheurs.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Seguin* aîné, Correspondant de la Section de Mécanique, décédé à Annonay, le 24 février 1875, dans sa quatre-vingt-neuvième année.

M. Seguin laissera parmi nous d'unanimes regrets. Ses travaux de pratique le placent au rang des mécaniciens les plus éminents et les plus utiles. La profondeur de ses conceptions théoriques doit rendre son nom à jamais illustre. Sans esquisser ici l'histoire d'une carrière si glorieusement parcourue, comment ne pas rappeler que son ingénieuse disposition de la chaudière des locomotives a seule rendu la production de la vapeur assez abondante pour permettre la marche à grande vitesse sur les chemins de fer? Disciple de l'illustre Montgolfier et digne de toutes ses confidences scientifiques, il a révélé d'après lui, en 1839, c'est-à-dire quatre ans avant

la première publication de Robert Mayer, le principe, nettement affirmé, de l'équivalence de la chaleur et du travail; l'Académie nous permettra de reproduire ici une page mémorable de son livre sur l'influence des chemins de fer (1); elle suffirait pour placer l'éminent auteur au premier rang parmi les fondateurs de cette grande théorie :

« La première idée qui frappe, lorsque l'on considère la liaison des phénomènes de la génération du mouvement avec la production de la chaleur, c'est que la quantité de puissance mécanique que peut développer une masse donnée de vapeur est relative à sa différence de densité et de température, en la considérant dans les deux états consécutifs où elle se trouve avant et après la production du mouvement; je crois aussi avoir remarqué qu'il existe une sorte de rapport entre la quantité de chaleur nécessaire pour la faire passer de l'un à l'autre de ces deux états et la quantité de force produite. Ceci reviendrait à dire que la vapeur n'est que l'intermédiaire du calorique pour produire la force, et qu'il doit exister entre le mouvement et le calorique un rapport direct, indépendant de l'intermédiaire de la vapeur ou de tout autre agent que l'on pourrait y substituer.

» ..... Examinons ce qui se passe dans la machine à condensation ordinaire. La vapeur soulève le piston, produit la quantité de force déterminée par sa tension et sa température, et cède immédiatement après, à l'eau de condensation, tout le calorique dont elle était pourvue. Supposons que sa masse soit de 1 mètre cube, sa tension de $0^{m},76$ égale à celle de l'air; son poids sera de

$$\frac{1000}{1700} = 0^{kg},588.$$

» Si l'on injecte dans le cylindre $8^{kg},82$ d'eau à zéro, ou une quantité quinze fois plus considérable que celle qui a servi à produire la vapeur, la température de cette eau s'élèvera à 40 degrés, et contiendra alors précisément la même quantité de calorique qui aurait été nécessaire pour réduire $0^{kg},588$ d'eau en vapeur à 100 degrés; elle pourra, par conséquent, suffire à produire un effet égal à celui qui avait déjà été obtenu, pourvu toutefois que l'on parvienne à concentrer le calorique disséminé dans l'eau de condensation, de manière à élever et réduire en vapeur à 100 degrés un quinzième de sa masse, ce qui est tout à fait conforme à la théorie.

» On pourrait alors, au moyen d'une masse finie de calorique, obtenir une quantité indéfinie de mouvement, ce qui ne peut être admis ni par le bon sens, ni par une saine logique.

» Comme la théorie actuellement adoptée conduirait cependant à ce résultat, il me paraît plus naturel de supposer qu'une certaine quantité de calorique disparaît dans l'acte même de la production de la force ou puissance mécanique, et réciproquement; et que les deux phénomènes sont liés entre eux par des conditions qui leur assignent des relations invariables.

» Il résulterait, comme conséquence de cette manière d'envisager les faits, que si l'on fait passer directement de la vapeur d'eau, de la chaudière qui la produit à travers une

---

(1) *De l'Influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire;* par Seguin aîné. Paris, Carilian-Gœury et Victor Dalmont; 1839.

masse d'eau dans laquelle elle se condense, cette vapeur élèvera plus la température de l'eau que si on la faisait servir préalablement à mettre en jeu une machine à vapeur, dans laquelle elle perdrait une partie de son ressort, et que les machines à vapeur, en général, ne doivent pas produire tout l'effet qui est indiqué par le calcul basé sur la théorie actuelle.

» Ce dernier point est mis hors de doute par tous les hommes qui construisent des machines ou qui en font usage. Quant au premier, j'ai fait, pour le constater, de nombreuses expériences, sans jamais avoir pu obtenir de résultats assez décisifs pour être cités autrement que comme la présomption d'un fait qui demande un plus ample examen. »

» Citons enfin la phrase suivante :

« La nature du calorique nous étant entièrement inconnue, il est aussi difficile d'admettre qu'il est une quantité de calorique inhérente à la nature même des corps en fonction de l'espace qu'ils occupent, que de supposer, comme je l'ai fait, que la force mécanique qui apparaît pendant l'abaissement de température d'un gaz, comme de tout autre corps qui se dilate, est la mesure et la représentation de cette diminution de chaleur. »

» Une question aussi nettement posée ne pouvait manquer d'être prochainement résolue, et les assertions prudentes, mais formelles, de Seguin mettaient les physiciens en demeure de procéder aux vérifications qui les ont transformées en vérités classiques et fondamentales dans la science.

» M. le Secrétaire perpétuel annonce également à l'Académie la perte qu'elle a faite de l'un de ses savants Correspondants pour la Section d'Astronomie, M. Friedrich-Wilhem-August *Argelander*, Directeur de l'Observatoire de Bonn, décédé à Bonn le 17 février 1875. Ses beaux et incessants travaux sur l'Astronomie stellaire, depuis longtemps devenus classiques, sont admirés et incessamment consultés dans tous les Observatoires de l'Europe. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant, pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de feu l'amiral de Wrangell.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 57,

S. M. don Pedro, empereur du Brésil, obtient. .	43	suffrages.
M. le général Sabine.	7	»
M. Cialdi	2	»

Il y a cinq billets blancs.

S. M. don Pedro, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé Correspondant de l'Académie.

Sa Majesté, informée du résultat de ce scrutin, a fait parvenir à l'Académie la dépêche suivante :

« Rio, le 3 mars 1875, $9^h 55^m$ du soir.

» Paris, expédiée même date, $11^h 10^m$ du soir.

» *M. Dumas, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Paris.*

» Un télégramme, reçu à l'instant du Ministre du Brésil, me fait vous prier de transmettre, dès à présent, tous mes remercîments à l'Académie des Sciences, pour m'avoir élu son Membre correspondant. Je ne puis voir dans ce choix de l'Académie qu'un témoignage d'estime pour mon pays, et je lui en suis encore plus reconnaissant.

» D. Pedro segundo.

» Petropolis, 3 mars 1875. »

MÉMOIRES LUS.

M. Cabieu donne lecture d'un Mémoire relatif à un nouvel engrais, dont les éléments seraient fournis par des cendres de Méduses, recueillies sur les côtes, et par des matières fécales.

(Commissaires : MM. Peligot, P. Thenard.)

M. Chapelas donne lecture d'une Note relative à sa Communication du 15 février dernier, concernant une prétendue observation d'un bolide, le 10 février, à 10 heures du soir, au sud-ouest de Paris.

L'auteur maintient ses observations précédentes, sur le phénomène qui a été observé par lui pendant vingt minutes, sans nier d'ailleurs qu'un bolide ait pu être observé dans la même soirée.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOMÉTRIE. — *Solutions géométriques de quelques problèmes, relatifs à la théorie des surfaces, et qui dépendent des infiniment petits du troisième ordre;* par M. A. Mannheim.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

« Les questions qui dépendent des infiniment petits du deuxième ordre, dont on s'est surtout occupé dans la théorie des surfaces, sont celles qui

concernent la courbure de ces surfaces. Euler a donné une relation qui permet de calculer le rayon de courbure d'une section faite dans une surface par un plan normal. Meusnier a donné le moyen de construire le rayon de courbure d'une section oblique. Enfin Dupin a montré comment on détermine la tangente à la courbe de contact d'une surface et d'un cône qui lui est circonscrit.

» Lorsqu'on veut faire un pas de plus, on rencontre des questions plus difficiles et qui dépendent d'infiniment petits du troisième ordre, comme : construire le rayon de courbure de la développée d'une section faite dans une surface; construire le plan osculateur de la courbe de contact d'une surface et d'un cylindre qui lui est circonscrit, etc.

» Pour résoudre ces questions, on pouvait chercher à suivre la voie d'Euler et de Dupin : Euler est arrivé à sa relation par la voie analytique et Dupin, au moyen de cette relation, a construit son indicatrice. On eût alors été conduit, à la suite de ces deux géomètres, à établir analytiquement une relation qui aurait donné lieu à une indicatrice du troisième ordre (1).

» Je ne me suis pas engagé dans cette voie et, pour arriver aux solutions géométriques que je vais exposer, j'ai d'abord traité à nouveau les questions qui concernent la courbure des surfaces (2). C'est ainsi qu'en faisant usage de normalies j'ai montré comment on pouvait construire : 1° le rayon de courbure d'une section plane d'une surface (3); 2° le rayon de courbure de la courbe de contour apparent d'une surface (4). J'ai défini pour cela la courbure d'une surface, autour d'un point, en me donnant deux certaines droites, que j'ai appelées depuis *droites de courbure*.

» Je vais poursuivre une marche tout à fait analogue. J'emploie toujours des normalies, et je définis ce qui est relatif aux éléments du troisième ordre autour d'un point d'une surface, en me donnant les droites de courbure des nappes de la développée de cette surface, ces droites satisfaisant du reste à certaines conditions connues. On verra avec quelle facilité elles

---

(1) Quant au théorème de Meusnier, il en résulte une propriété qui se généralise ainsi : *Les centres de courbure des développées de toutes les sections faites dans une surface par des plans passant par une même tangente à cette surface, et qui correspondent au point de contact de cette tangente, sont sur une ellipse.* (*Comptes rendus*, 5 février 1872.)

(2) *Comptes rendus*, 26 février 1872.

(3) *Comptes rendus*, 6 avril 1874.

(4) *Comptes rendus*, 27 avril 1874.

se prêtent aux constructions que nécessitent les problèmes dont je vais m'occuper.

» Je conserve des notations déjà plusieurs fois employées : (S) est la surface donnée, a un point de cette surface et A la normale en ce point. Dans le plan d'une des sections principales en a, et du centre de courbure b de cette section, élevons à A la perpendiculaire B; dans le plan de l'autre section principale, élevons du point c la perpendiculaire C : B et C sont les droites de courbure de (S) qui correspondent au point a.

» Désignons par (B) et (C) les nappes de la développée de (S). La droite B, normale à (B) au point b, est rencontrée, je suppose, aux points d et e par les droites de courbure D et E relatives à la nappe (B). Nous avons de même pour la nappe (C) les droites de courbure G et H.

» *Construire les tangentes aux courbes de contact d'une normalie à* (S) *avec les nappes de la développée de cette surface.*

» Par le point a de (S) menons un plan quelconque (Γ), ce plan coupe cette surface suivant une courbe Γ. Prenons Γ pour directrice d'une normalie à (S). Cette surface peut être considérée comme le lieu d'une droite qui rencontre Γ et qui touche les nappes (B) et (C). Pour résoudre le problème que nous nous proposons, nous n'avons alors qu'à employer les constructions que j'ai données dans mon *Étude sur le déplacement* (chap. II, §.I) pour déterminer la tangente à la courbe de contact d'une surface réglée avec l'une de ces surfaces directrices. Voici ces constructions : cherchons, par exemple, la tangente issue du point b à la courbe de contact de la normalie avec (B). On prend le point d' où le plan (B, E) coupe C, on mène la droite dd'; on construit de même la droite ee'. On prend les traces de ces droites sur le plan normal en a à Γ, et l'on joint ces traces par une droite. Cette droite rencontre le plan (T), tangent en a à (S), en un point. De ce point, on mène la droite Δ qui rencontre B' et C : la tangente cherchée est perpendiculaire à Δ, et comme elle est dans le plan tangent (A, C) à la nappe (B), elle est déterminée.

» La tangente conjuguée de la tangente que nous venons de construire est une même droite, soit qu'on la cherche par rapport à la normalie ou par rapport à (B). Nous pourrions donc obtenir cette droite au moyen d'une construction connue (1), en faisant usage des droites de courbure D et E; mais on peut l'obtenir aussi de la manière suivante :

» Les droites cc', dd' étant déterminées comme nous venons de le dire,

(1) *Comptes rendus*, 26 février 1872.

on prend leurs traces sur le plan (T) tangent en a à (S). La droite qui joint ces traces rencontre la normale à Γ, qui est dans le plan (T), en un point l. De ce point on mène une droite L qui rencontre B et C. La projection de L sur le plan (A, C) est la tangente conjuguée cherchée. En projetant L sur le plan (A, B) on a aussi la tangente conjuguée en c de la tangente à la courbe de contact de la normalie avec (C).

» *Construire aux points b et c les asymptotes des indicatrices de la normalie à* (S).

» Conservons toujours la même normalie. D'après ce qui précède, nous connaissons en b un système de diamètres conjugués de l'indicatrice de cette normalie en ce point ; mais A est l'une des asymptotes de cette indicatrice : il nous suffit alors de prendre l'harmonique conjuguée de A par rapport à ce système de diamètres conjugués pour avoir l'autre asymptote de l'indicatrice en b.

» On opérera de même pour le point c (1).

» *Construire l'asymptote de l'indicatrice d'une normalie en un point de la courbe directrice de cette surface.*

» Cherchons, par exemple, toujours pour la même normalie à (S), l'asymptote de l'indicatrice de cette surface pour le point a. Le plan tangent en a à la normalie est le plan déterminé par A et par la tangente at à Γ ; ce plan est perpendiculaire au plan (T) tangent à (S) au même point a. Le plan tangent à la normalie et ce plan tangent à (S) forment un dièdre qui reste toujours droit lorsqu'on fait varier la position du point a sur Γ. Le déplacement de ce dièdre sera bien défini si nous ajoutons que son arête doit rester tangente à Γ. Pour ce déplacement, les faces de ce dièdre auront chacune une caractéristique : la face tangente à (S) a pour caractéristique la tangente $a\tau$ conjuguée de at; la face tangente à la normalie a pour caractéristique une droite que l'on construit ainsi (2) : par at on mène un plan perpendiculaire à (Γ); par $a\tau$, un plan perpendiculaire au plan (T) : ces deux plans se coupent suivant une droite dont la projection sur la face tangente à la normalie est la caractéristique cherchée, c'est-à-dire la conjuguée de at. Nous avons donc au point a pour la normalie un système de

---

(1) Il résulte de là que la construction des asymptotes des indicatrices en b et c ne dépend que de la tangente at, et nous retrouvons alors ce théorème connu : *Lorsque les courbes directrices de normalies sont tangentes entre elles en a, ces surfaces sont osculatrices entre elles aux points b et c.*

(2) Voir *Etude sur le déplacement*, théorème LIII.

diamètres conjugués de l'indicatrice en ce point, et comme A est une asymptote de cette indicatrice, il suffit de prendre l'harmonique conjuguée de cette droite, par rapport à ce système de diamètres conjugués pour avoir l'asymptote cherchée (1).

» *Construire le plan osculateur en un point de la courbe de contact d'une surface et d'un cylindre qui lui est circonscrit.*

» (S) est la surface donnée, les génératrices du cylindre circonscrit à cette surface sont parallèles à la tangente $a\tau$. Le plan osculateur (Γ) de la courbe de contact Γ passe par la tangente conjuguée at à $a\tau$. La normalie à (S) qui a Γ pour directrice est une surface qui admet un paraboloïde osculateur le long de A, puisque ses génératrices sont perpendiculaires à $a\tau$. Connaissant at, nous savons construire les asymptotes des indicatrices de la normalie aux points b et c; notre paraboloïde osculateur aura pour directrices ces deux droites et pour plan directeur le plan perpendiculaire à $a\tau$. Le plan $(A at)$, qui coupe ce paraboloïde suivant A, le coupe en outre suivant une autre droite, asymptote de l'indicatrice de la normalie en a. Nous aurons cette droite en coupant le plan $(A at)$ par un plan mené du point a parallèlement aux deux directrices du paraboloïde. L'harmonique conjuguée de at par rapport aux deux asymptotes de l'indicatrice de la normalie en a n'est autre que la tangente conjuguée de at. Prenons maintenant le dièdre droit dont les faces sont le plan $(A at)$ tangent à la normalie au point a et le plan (T). Déplaçons ce dièdre de façon que ses faces restent tangentes l'une à la normalie, l'autre à (S), son arête devant rester tangente à Γ. Les faces de ce dièdre auront alors pour caractéristiques des droites que nous connaissons : d'une part $a\tau$, et d'autre part la tangente conjuguée de at, que nous venons de construire. En menant des plans perpendiculaires à ces faces respectivement suivant leurs caractéristiques, on a, par l'intersection de ces plans, une droite qui, avec at, détermine un plan perpendiculaire au plan osculateur (Γ) cherché. Ce plan est donc déterminé. »

(1) On déduit facilement de cette construction que le produit de la tangente de l'angle compris entre les deux asymptotes de l'indicatrice de la normalie en a par la tangente de l'angle compris entre at et $a\tau$ est égal au double de la tangente de l'angle que (Γ) fait avec (T). Faisons remarquer aussi qu'il n'intervient dans cette construction que (Γ) et les éléments de courbure de (S).

MÉCANIQUE. — *Sur les modes d'équilibre limite les plus simples que peut présenter un massif sans cohésion fortement comprimé.* Note de M. **J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

« Dans une Note insérée aux *Comptes rendus* (séance du 23 mars 1874, t. LXXVIII, p. 786), j'ai montré que les équations de l'équilibre limite d'un corps soumis à des déformations planes deviennent intégrables, soit quand la différence des deux forces principales F, F′ exercées en un point quelconque est constante, soit quand le poids du corps peut être négligé en comparaison des pressions qu'on lui applique. Considérons en particulier une masse pulvérulente fortement comprimée, dont φ désignera l'angle constant de frottement intérieur, et, après avoir choisi une origine fixe O de coordonnées rectangles x, y, prises dans le plan des déformations, appelons : p la pression moyenne en un point quelconque $M(x, y)$; α l'angle que la force principale la plus grande F (pression minimum) y fait avec l'axe des x ; β une variable indépendante liée à p par la relation

$$(1) \qquad p = p_0 e^{2\beta \operatorname{tang} \varphi},$$

p_0 désignant une constante positive quelconque ; enfin x_1, y_1 les coordonnées du même point M par rapport à deux axes rectangulaires des x_1 et des y_1 menés à partir de l'origine O, de manière que le premier soit parallèle à la direction de la force principale la plus grande exercée en M, le second à celle de l'élément plan qui la supporte. Les formules (8) et (9) de la Note citée deviendront

$$(2) \qquad x_1 = \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) e^{-\beta \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \frac{d\varpi}{d\beta}, \quad y_1 = e^{-\beta \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \frac{d\varpi}{d\alpha},$$

$$(3) \qquad \frac{d^2\varpi}{d\alpha^2} = \frac{d^2\varpi}{d\beta^2} - \frac{2}{\cos\varphi} \frac{d\varpi}{d\beta}.$$

» Pour un mode donné d'équilibre, x_1, y_1, β et par suite, d'après (2), les deux dérivées de ϖ en β et α conservent les mêmes valeurs aux divers points du massif quand on change la direction de l'axe des x ; d'ailleurs α ne varie, dans une telle transformation, que d'une quantité constante pour tout le massif. Par conséquent, la fonction ϖ reste la même aux divers points lorsqu'on fait tourner arbitrairement les axes des x et des y autour de l'origine. Observons de plus qu'aux points homologues de massifs semblables, soumis à des modes d'équilibre analogues, ϖ est simplement proportionnel au rapport m de similitude : en effet, les équations (2) et (3) restent satisfaites en y remplaçant ϖ, x_1, y_1 par $m\varpi$, mx_1, my_1. Si l'on

prend en particulier $m = \pm 1$, les deux massifs correspondants ne diffèrent que par l'orientation; car une rotation de 180 degrés autour de l'origine, effectuée par l'un d'eux sans changer son mode d'équilibre, le rend identique à l'autre. De tous les modes d'équilibre obtenus en multipliant ϖ par divers facteurs constants m, il n'y a donc de réellement distincts que ceux qui correspondent, par exemple, aux valeurs positives de m.

» On peut, au lieu des coordonnées rectangles x, y, adopter les coordonnées polaires r, θ données par $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$, ce qui permettra de substituer aux formules (2) celles-ci :

$$r^2 = e^{-2\beta \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)} \left[\frac{d\varpi^2}{d\alpha^2} + \operatorname{tang}^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)\frac{d\varpi^2}{d\beta^2}\right], \tag{4}$$

$$\operatorname{tang}(\alpha - \theta) = -\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\frac{\frac{d\varpi}{d\alpha}}{\frac{d\varpi}{d\beta}}. \tag{5}$$

» J'aurai à considérer, en un point quelconque (r, θ), l'élément plan mené, normalement aux xy, suivant le rayon même r: sa face tournée vers la direction qui fait l'angle $\theta + 90°$ avec les x positifs, supportera une pression dont la composante normale $-\mathfrak{N}$ et la composante tangentielle $\mathfrak{T}$, évaluée positivement suivant le prolongement du rayon r, vaudront

$$\left\{\begin{aligned} -\mathfrak{N} &= p + q\cos 2(\alpha-\theta) = p[1 + \sin\varphi\cos 2(\alpha-\theta)],\\ \mathfrak{T} &= p\sin\varphi\sin 2(\alpha-\theta). \end{aligned}\right. \tag{6}$$

Cette pression sera donc inclinée sur la normale à l'élément plan d'un angle ayant pour tangente

$$\frac{\mathfrak{T}}{-\mathfrak{N}} = \frac{\sin\varphi\sin 2(\alpha-\theta)}{1+\sin\varphi\cos 2(\alpha-\theta)}. \tag{7}$$

» Bornons-nous à étudier les modes d'équilibre pour lesquels l'orientation de la pression minima est la même aux divers points d'un même rayon r émané du pôle O, c'est-à-dire pour lesquels θ ne dépend que de α. Si f', F désignent deux fonctions arbitraires, la relation (5) montre que l'on doit avoir alors

$$\frac{d\varpi}{d\alpha} = f'(\alpha)\frac{d\varpi}{d\beta} \quad \text{ou} \quad \varpi = \mathrm{F}[\beta + f(\alpha)]. \tag{8}$$

» Cette valeur de ϖ, transportée dans (3), donne

$$\frac{\mathrm{F}''[\beta+f(\alpha)]}{\mathrm{F}'[\beta+f(\alpha)]} = \frac{f''(\alpha) + \frac{2}{\cos\varphi}}{1 - f'(\alpha)^2} = \text{par suite une const. } \frac{1+c}{\cos\varphi}, \tag{9}$$

d'où il résulte que F' et par conséquent F ou ϖ sont, à part un facteur constant, de la forme $e^{\frac{\pm c}{\cos\varphi}[\beta+f(\alpha)]} = e^{\frac{\pm c}{\cos\varphi}\beta}\psi(\alpha)$. Une telle expression de ϖ change d'ailleurs (3) en $\psi''(\alpha)\cos^2\varphi = (c^2-1)\psi(\alpha)$, équation qui s'intègre immédiatement. Il y a lieu de distinguer deux cas.

» 1° *Cas où la valeur absolue de c est moindre que* 1. — Prenons $c = \sin\varepsilon$, ε désignant un arc compris entre $\pm 90°$, et appelons r_0 une constante positive : en dirigeant convenablement l'axe des x, nous pourrons poser

$$(10)\qquad \varpi = r_0\frac{\cos\varphi}{\cos\varepsilon}\sqrt{\frac{1+\sin\varphi}{1+\sin\varepsilon}}\, e^{\frac{\pm\sin\varepsilon}{\cos\varphi}\beta}\cos\left(\frac{\alpha\cos\varepsilon}{\cos\varphi}\right),$$

et les formules (5), (7), si nous appelons α' la différence $\alpha - \theta$, ou que

$$(11)\qquad \theta = \alpha - \alpha',$$

deviendront

$$(12)\qquad \operatorname{tang}\frac{\alpha\cos\varepsilon}{\cos\varphi} = \frac{\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varepsilon}{2}\right)}{\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}\operatorname{tang}\alpha',\quad \frac{\varpi}{-\mathcal{N}} = \frac{\sin\varphi\sin 2\alpha'}{1+\sin\varphi\cos 2\alpha'}.$$

» Observons que l'angle α', nul pour $\alpha = 0$, grandit sans cesse, avec continuité, de $-\infty$ à ∞, quand α croît lui-même de $-\infty$ à $+\infty$. On peut donc prendre α', à la place de α, comme variable indépendante, et la différentiation des formules (12), (11) donne

$$(13)\qquad \begin{cases} \dfrac{d\alpha'}{d\alpha} = \dfrac{1-\sin\varepsilon}{1-\sin\varphi}\cos^2\alpha' + \dfrac{1+\sin\varepsilon}{1+\sin\varphi}\sin^2\alpha' = 1 - \dfrac{(\sin\varepsilon-\sin\varphi)(\cos 2\alpha'+\sin\varphi)}{\cos^2\varphi}, \\ \dfrac{d\theta}{d\alpha'} = \dfrac{d\alpha}{d\alpha'}\,\dfrac{(\sin\varepsilon-\sin\varphi)(\cos 2\alpha'+\sin\varphi)}{\cos^2\varphi},\quad \dfrac{d}{d\alpha'}\left(\dfrac{\varpi}{-\mathcal{N}}\right) = \dfrac{2\sin\varphi(\cos 2\alpha'+\sin\varphi)}{(1+\sin\varphi\cos 2\alpha')^2}. \end{cases}$$

» Quant à la relation (4), elle prend la forme simple

$$(14)\qquad \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1-\frac{\sin\varepsilon}{\sin\varphi}} = \frac{r_0^2}{r^2}\left(\frac{1-\sin\varphi}{1-\sin\varepsilon}\cos^2\frac{\alpha\cos\varepsilon}{\cos\varphi} + \frac{1+\sin\varphi}{1+\sin\varepsilon}\sin^2\frac{\alpha\cos\varepsilon}{\cos\varphi}\right) = \frac{r_0^2}{r^2}\frac{d\alpha}{d\alpha'}.$$

» 2° *Cas où la valeur absolue de c est supérieure à l'unité.* — Alors cette valeur est le cosinus hyperbolique d'un certain arc positif ε', et $\pm\sqrt{c^2-1}$ est le sinus hyperbolique du même arc. Si, pour abréger, on désigne par Cos, Sin, Tang, Cot des cosinus, sinus, tangentes, cotangentes hyperboliques, que l'on appelle $\frac{r_0}{\sqrt{1+c}}$ une constante réelle, et que l'on dirige con-

venablement l'axe des x, ϖ sera de l'une des deux formes

$$(15)\qquad \varpi = r_0 \frac{\cos\varphi}{\operatorname{Sin}\varepsilon'} \sqrt{\frac{1+\sin\varphi}{1+c}}\, e^{\frac{1+c}{\cos\varphi}\beta} \begin{matrix}\operatorname{Cos}\\ \text{ou}\\ \operatorname{Sin}\end{matrix} \left(\frac{\alpha \operatorname{Sin}\varepsilon'}{\cos\varphi}\right).$$

» En posant encore $\alpha - \theta = \alpha'$ ou $\theta = \alpha - \alpha'$, la relation (5) devient

$$(16)\qquad \begin{matrix}\operatorname{Tang}\\ \text{ou}\\ \operatorname{Cot}\end{matrix} \left(\frac{\alpha \operatorname{Sin}\varepsilon'}{\cos\varphi}\right) = -\frac{c+1}{\sqrt{c^2-1}} \frac{\operatorname{tang}\alpha'}{\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)} = -\frac{c+1}{\operatorname{Sin}\varepsilon'} \frac{\operatorname{tang}\alpha'}{\operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}.$$

Le signe de r_0 peut d'ailleurs être choisi de manière que, pour $\alpha = 0$, on ait $\alpha' = 0$ dans le premier cas et $\alpha' = 90°$ dans le second cas : alors, pour α' croissant de $-\operatorname{arctang}\left[\sqrt{\frac{c-1}{c+1}} \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\right]$ à $+$ le même arc tangente, la valeur de α donnée par la première forme de (16) décroît de $+\infty$ à $-\infty$ quand c est positif, croît de $-\infty$ à $+\infty$ quand c est négatif; puis, α' continuant à croître de $+\operatorname{arctang}\left[\sqrt{\frac{c-1}{c+1}} \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\right]$ à $\pi -$ le même arc tangente, la valeur de α donnée par la seconde forme de (16) croît sans cesse de $-\infty$ à $+\infty$ si c est > 0, décroît sans cesse de $+\infty$ à $-\infty$ si c est < 0. Par conséquent, toutes les circonstances que présentent les deux modes d'équilibre considérés s'obtiendront, que c soit > 0 ou < 0, en faisant varier en tout α' dans un intervalle égal à π, savoir : de $-$ l'arc tangente considéré ci-dessus à $\pi -$ le même arc tangente.

» L'équation (16) différentiée donne effectivement, quel que soit celui des deux modes d'équilibre que l'on considère,

$$(17)\qquad \frac{d\alpha'}{d\alpha} = -\frac{c-1}{1-\sin\varphi}\cos^2\alpha' + \frac{c+1}{1+\sin\varphi}\sin^2\alpha' = 1 - \frac{(c-\sin\varphi)(\cos 2\alpha' + \sin\varphi)}{\cos^2\varphi},$$

et le second membre de celle-ci s'annule bien, en changeant de signe, pour les valeurs de α' qui rendent sa tangente égale à $\pm\sqrt{\frac{c-1}{c+1}} \operatorname{tang}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)$. On déduit immédiatement de (17)

$$(18)\qquad \frac{d\theta}{d\alpha'} = \frac{d\alpha}{d\alpha'}\left(1 - \frac{d\alpha'}{d\alpha}\right) = \frac{d\alpha}{d\alpha'} \frac{(c-\sin\varphi)(\cos 2\alpha' + \sin\varphi)}{\cos^2\varphi}.$$

Enfin les expressions (15) de ϖ changent la formule (4) en celle-ci :

$$(19)\qquad \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1-\frac{c}{\sin\varphi}} = \frac{r_0^2}{r^2}\left[\frac{1-\sin\varphi}{c-1} \begin{matrix}\operatorname{Cos}^2\\ \text{ou}\\ \operatorname{Sin}^2\end{matrix} \left(\frac{\alpha \operatorname{Sin}\varepsilon'}{\cos\varphi}\right) + \frac{1+\sin\varphi}{c+1} \begin{matrix}\operatorname{Sin}^2\\ \text{ou}\\ \operatorname{Cos}^2\end{matrix} \left(\frac{\alpha \operatorname{Sin}\varepsilon'}{\cos\varphi}\right)\right] = \frac{r_0^2}{r^2}\left(1 \mp \frac{d\alpha}{d\alpha'}\right),$$

dans le dernier membre de laquelle la parenthèse prend $-$ ou $+$ suivant que la forme de ϖ est la première ou la seconde (15) : r_0^2 ayant le signe de c, le second membre de (19) est positif, comme il le faut pour que p le soit. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Construction géométrique des moments fléchissants sur les appuis d'une poutre à plusieurs travées solidaires.* Note de M. G. **Fouret**, présentée par M. Resal.

(Commissaires : MM. Phillips, Resal, Rolland.)

« La théorie des poutres à plusieurs travées solidaires a été, comme on sait, l'objet d'une série de travaux fort importants, qui ont eu pour résultat d'établir des méthodes élégantes et assez simples pour le calcul de ce genre de poutres. Navier, à qui l'on doit la première solution du problème, prenant pour inconnues les réactions des appuis, avait été conduit à un système d'équations assez pénible à résoudre, pour peu que le nombre des travées dépassât trois ou quatre. Plus tard, Clapeyron eut l'heureuse idée de prendre pour inconnues les moments fléchissants et les inclinaisons de la fibre neutre sur les appuis, ce qui simplifia notablement le problème. M. Bertot, reprenant la question où l'avait laissée Clapeyron, obtint, par l'élimination des inconnues auxiliaires, un système d'équations du premier degré contenant chacune les moments fléchissants sur trois appuis consécutifs. Cette relation remarquable, mise en relief quelque temps après par Clapeyron lui-même, et généralisée ensuite par M. Bresse, conduisit à une solution analytique complète de la question des poutres à plusieurs travées. Cette solution a été développée et perfectionnée dans ses moindres détails par de nombreux travaux, dont les plus importants sont dus à MM. Bresse, Collignon et Piarron de Mondesir.

» La détermination analytique des moments fléchissants, déduite de la théorie de Clapeyron, paraît donc peu susceptible de nouveaux progrès; mais il nous a semblé intéressant et utile d'avoir une solution purement géométrique du même problème. C'est cette solution que nous allons exposer brièvement ici.

» Ayant eu l'occasion dernièrement d'appliquer notre méthode à un projet de pont métallique à quatre travées, nous avons pu constater qu'elle présente sur la méthode analytique l'avantage d'être plus rapide et moins sujette à erreur. Quant à l'approximation qu'elle fournit, bien qu'inférieure à celle que donne le calcul, elle est très-suffisante pour les besoins de la pratique.

» Nous indiquerons d'abord une méthode de fausse position fondée sur le lemme suivant :

» Lemme. — *Lorsque deux points* M *et* N *se meuvent respectivement sur deux droites* (A) *et* (B), *de manière que leurs distances* x *et* y *à des origines fixes situées*

sur (A) *et* (B) *soient constamment liées par une relation linéaire*

$$\alpha x + \beta y = \gamma,$$

les positions simultanées des deux points mobiles déterminent sur (A) *et* (B) *des divisions proportionnelles; et si ces dernières droites sont parallèles, les droites joignant les positions correspondantes des deux points mobiles concourent en un même point situé à des distances de* (A) *et* (B) *qui sont dans un rapport égal à* $-\frac{\beta}{\alpha}$.

» *Méthode de fausse position.* — Considérons une poutre symétrique par rapport à un plan vertical, divisée en n travées solidaires de portées $l_1, l_2, \ldots, l_n$, et reposant librement sur $n+1$ appuis de niveau $A_0, A_1, A_2, \ldots, A_n$. Soient $p_1, p_2, \ldots, p_n$, les charges par mètre courant uniformément réparties sur les différentes travées, et $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$, les moments fléchissants sur les appuis. Ces moments sont liés, comme on sait, par les $n-1$ équations

$$(1)\quad \begin{cases} l_1\mu_0 + 2(l_1+l_2)\mu_1 + l_3\mu_2 = \frac{1}{4}p_1 l_1^3 + \frac{1}{4}p_2 l_2^3, \\ l_2\mu_1 + 2(l_2+l_3)\mu_2 + l_3\mu_3 = \frac{1}{4}p_2 l_2^3 + \frac{1}{4}p_3 l_3^3, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ l_i\mu_{i-1} + 2(l_i+l_{i+1})\mu_i + l_{i+1}\mu_{i+1} = \frac{1}{4}p_i l_i^3 + \frac{1}{4}p_{i+1} l_{i+1}^3, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ l_{n-1}\mu_{n-2} + 2(l_{n-1}+l_n)\mu_{n-1} + l_n\mu_n = \frac{1}{4}p_{n-1} l_{n-1}^3 + \frac{1}{4}p_n l_n^3. \end{cases}$$

» En observant que μ_0 et μ_n sont nuls, le système de ces $n-1$ équations déterminerait $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_{n-1}$. Si, laissant μ_0 nul, on fait varier μ_1, les valeurs de $\mu_2, \mu_3, \ldots, \mu_n$, déduites des équations (1) et portées dans un même sens sur les verticales des appuis correspondants, seront telles que les droites M_1M_2, $M_2M_3, \ldots, M_{n-1}M_n$, joignant de proche en proche les extrémités des ordonnées obtenues, pivoteront chacune autour d'un point fixe. Les ordonnées de ces points fixes divisent les travées correspondantes $A_2A_1, A_3A_2, \ldots, A_{n-1}A_n$ suivant les rapports $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_{n-1}$, déterminés par les relations

$$(2)\quad \begin{cases} -2(l_1+l_2) + l_2\rho_1 = 0, & \text{d'où} \quad \rho_1 = 2\frac{l_1}{l_2} + 2, \\ \frac{l_2}{\rho_1} - 2(l_2+l_3) + l_3\rho_2 = 0, & \rho_2 = \left(2 - \frac{1}{\rho_1}\right)\frac{l_2}{l_3} + 2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, & \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{}{\rho_{i-1}} - 2(l_i+l_{i+1}) + l_{i+1}\rho_i = 0, & \rho_h = \left(2 - \frac{1}{\rho_{i-1}}\right)\frac{l_i}{l_{i+1}} + 2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, & \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{l_{n-1}}{\rho_{n-1}} - 2(l_{n-1}+l_n) + l_n\rho_{n-1} = 0; & \rho_{n-1} = \left(2 - \frac{1}{\rho_{n-2}}\right)\frac{l_{n-1}}{l_n} + 2. \end{cases}$$

» Ces formules donnent immédiatement chacun des rapports $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_{n-1}$, en fonction de celui qui le précède, et permettent par suite de construire les ordonnées $(D_2), (D_3), \ldots, (D_n)$ des pivots.

» Cela fait, prenons à volonté $\mu_1 = A_1R_1$. La première des équations (1) fournira $\mu_2 = A_2R_2$. En substituant μ_1 et μ_2 dans la deuxième équation, on en tirera $\mu_3 = A_3R_2, \ldots$ On arrivera ainsi finalement à une valeur $\mu_n = A_nR_n$, en général différente de zéro, et qui serait nulle si μ_1 avait été pris égal au moment fléchissant sur le premier appui. Mais comme, lorsque μ_1 varie, les droites R_1R_2, $R_2R_3, \ldots, R_{n-1}R_n$ pivotent autour des points $O_2, O_3, \ldots, O_n$, où elles rencontrent respectivement les verticales (D_2), $(D_3), \ldots, (D_n)$, il suffit, pour obtenir les valeurs exactes des moments, de joindre A_nO_n qui coupe $A_{n-1}R_{n-1}$ en M_{n-1}, $M_{n-1}O_{n-1}$ qui coupe $A_{n-2}R_{n-2}$ en M_{n-2}, et ainsi de suite. Les ordonnées $A_1M_1, A_2M_2, \ldots, A_{n-1}M_{n-1}$ sont égales aux moments cherchés.

» *Méthode directe.* — On parvient à une construction plus directe et plus simple, en se servant d'une interprétation géométrique, donnée par M. Collignon (1) de la relation existant entre les moments fléchissants sur trois appuis consécutifs.

» Prolongeons A_iM_i d'une longueur égale à elle-même jusqu'en M'_i.

» Sur les milieux de $A_{i-1}A_i$ et A_iA_{i+1}, élevons les ordonnées $B_iP_i = \frac{1}{8}p_il_i^2$, $B_{i+1}P_{i+1} = \frac{1}{8}p_{i+1}l_{i+1}^2$, et soit H_i le point de rencontre de P_iP_{i+1} avec la verticale passant par le milieu de $A_{i-1}A_{i+1}$. La relation géométrique équivalente à la $i^{ième}$ équation (1) consiste en ce que le point H_i est en ligne droite avec les points G_{i+1}, en lesquels $M_{i-1}M'_i$ et M'_iM_{i+1} rencontrent respectivement B_iP_i et $B_{i+1}P_{i+1}$.

» M. Collignon applique cette propriété à la détermination géométrique de tous les moments fléchissants d'une poutre, après avoir calculé tout d'abord le moment fléchissant sur le deuxième appui. On évitera ce calcul préalable, souvent assez laborieux, en combinant la construction de M. Collignon avec la méthode de fausse position indiquée ci-dessus. Mais on peut procéder plus simplement en se servant des propriétés suivantes.

» En vertu du lemme énoncé plus haut, lorsque M_1 varie, les droites telles que $M_{i-1}M'_i$, $M'_{i-1}M_i$ pivotent respectivement autour de points fixes I_i et J_i, dont les ordonnées (E_i) et (F_i) divisent la travée $A_{i-1}A_i$, la première suivant le rapport $\frac{1}{2\rho_{i-1}}$, la seconde suivant le rapport $\frac{\rho_{i-1}}{2}$. Le

(1) *Résistance des matériaux*, 1re Partie, p. 254. — *Théorie élémentaire des poutres droites*, 1re Partie, p. 33.

triangle $M'_i\, G_i G_{i+1}$ varie, de manière que ses sommets décrivent trois verticales, par conséquent trois droites concourantes à l'infini, et que ses trois côtés pivotent chacun autour d'un point fixe, à savoir $M'_i G_i$ autour de I_i, $M'_i G_{i+1}$ autour de J_{i+1}, $G_i G_{i+1}$ autour de H_i. Par suite, en vertu d'un théorème bien connu, les trois points I_i, J_{i+1} et H_i sont en ligne droite. D'autre part, pour construire I_i, connaissant J_i, on prolonge $F_i J_i$ d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_i. $A_{i-1} J'_i$ rencontre la verticale (E_i) au point I_i. De ces diverses propriétés, combinées ensemble, résulte la construction suivante :

» Les verticales (E) et (F) étant tracées, et les points H déterminés, on joint $A_0 H_1$, qui rencontre en J_2 la verticale (F_2). On prolonge $F_2 J_2$ d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_2. $A_1 J'_2$ rencontre (E_2) en un point I_2. On joint $I_2 H_2$, qui coupe en J_3 la verticale (F_3). On prolonge $F_3 J_3$ d'une longueur égale à elle-même jusqu'en J'_3. $A_3 J'_3$ coupe (E_3) en un point $I_3, \ldots$. En continuant ainsi, on obtient finalement un point J_n au-dessus de la $n^{ième}$ travée. On joint $A_n J_n$, qui rencontre la verticale (A_{n+1}) en un point M'_{n-1}, tel que $A_{n-1} M'_{n-1} = 2\mu_{n-1}$. $M'_{n-1} I_{n-1}$ rencontre la verticale (A_{n-2}) en un point M_{n-2}, tel que $A_{n-2} M_{n-2} = \mu_{n-2}$. $M_{n-2} J_{n-2}$ rencontre la verticale (A_{n-3}) en un point M'_{n-3}, tel que $A_{n-3} M'_{n-3} = 2\mu_{n-3}, \ldots$. On obtient ainsi, sur les verticales des appuis, les moments fléchissants, alternativement simples et doublés. Comme vérification, on peut construire la ligne polygonale $M_{n-1} M'_{n-2} M_{n-3} M'_{n-4}, \ldots$, qui fournit, comme la précédente, les moments alternativement simples et doublés, mais dans un ordre inverse.

» *Remarque.* — Les deux méthodes exposées dans cette Note s'appliquent, presque sans modification, au cas d'une poutre reposant sur des appuis à des niveaux différents, et supportant des charges distribuées d'une manière quelconque. Cette généralisation résulte de ce que, dans ces hypothèses, ainsi que l'a établi M. Bresse (1), la relation entre les moments fléchissants sur trois appuis consécutifs subsiste, au terme indépendant près. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur le principe toxique du sang putréfié.* Note de M. V. Feltz, présentée par M. Ch. Robin.

(Commissaires : MM. Cl. Bernard, Robin.)

« J'ai essayé à plusieurs reprises de produire la septicémie chez les chiens, en leur injectant dans les veines du sang putréfié à la dose de 1 à 3 cen-

(1) *Mécanique appliquée*, IIIe Partie, p. 9.

timètres cubes, suivant leur poids et leur taille. Ces expériences préliminaires m'ont démontré que les animaux inoculés devenaient malades, et que la plupart mouraient du troisième au huitième jour. Pendant la vie, j'observai les signes suivants : augmentation de température de 1 à 4 degrés, soif intense, perte d'appétit, diminution très-rapide du poids, diarrhée et vomissements bilieux, hémorrhagies intestinales, hématuries et hématémèses; ces derniers signes se présentaient surtout chez les chiens qui mouraient, et étaient accompagnés d'accidents convulsifs épileptiformes. A l'autopsie, je trouvai toujours des taches hémorrhagiques intestinales, quelquefois des infarctus pulmonaires, rarement du sang dans la vessie. Le foie était toujours fortement hypérémié, rempli de bile, parfois le siége d'une véritable dégénérescence graisseuse. Le sang était modifié : des granulations se dissolvant dans l'éther étaient en suspension dans le sérum, les globules rouges diffluents en voie de déformation, l'hémoglobine transsudait et cristallisait sous le microscope; jamais de gaz dans le sang.

» Fixé sur l'action du sang putréfié, j'entrepris plusieurs séries d'expériences méthodiques, dans l'espoir de trouver le principe toxique du sang et de déterminer le rôle des infiniment petits que je ne suis pas parvenu à isoler jusqu'ici des liquides putrides, malgré de nombreuses tentatives de filtrage à travers toute espèce de filtres, même ceux réputés infaillibles en Allemagne (charbon, pierre-ponce pilée, sable fin, couches multiples de coton).

» Je commençai par saigner un chien normal; je laissai le sang se putréfier dans mon laboratoire, et je ne m'en servis que lorsqu'il présenta les signes microscopiques suivants : ratatinement, déformation et molécularisation des hématies, nombre infini de points mobiles ou cocobactéries, de bactéries en chaînettes ou d'une pièce, de membranes zoogléiques, de vibrions ou de spirilles. Arrivé à cet état, je le divisai en six parts : la première resta exposée à l'air; la deuxième fut traitée par un courant d'air continu, moyennant un vase d'appel dont on renouvelait l'eau jour et nuit; la troisième fut soumise à une pression d'air comprimé à 5, 6, 7 et 8 atmosphères; la quatrième fut mise au contact d'oxygène pur dans des flacons bien bouchés et renversés dans l'eau; la cinquième fut traitée par un courant d'oxygène dans un appareil installé par M. Ritter, et la sixième fut placée dans le tube de la pompe à gaz de Gréhant, pour qu'on en pût tirer les gaz matin et soir et maintenir le sang dans le vide.

» *A*. Le sang initial fut injecté à quelques jours d'intervalle, à la dose indiquée, à quatre chiens, qui succombèrent tous, dans l'espace de 2 à 4 jours, avec les signes susindiqués.

» *B*. Le sang éventé, dégageant constamment des produits ammoniacaux, comme l'indiquait le réactif de Nesler sur lequel passait l'air, fut injecté à quatre chiens après 24, 48, 72 et 96 heures d'éventement. Ils succombèrent, du premier au quatrième jour, avec les mêmes signes. Le sang inoculé dans la veine, examiné chaque fois au microscope, n'a jamais présenté de modifications dans les infiniment petits, et il ne pouvait être différencié du sang initial.

» *C*. Le sang traité par l'air comprimé fut injecté, après 24, 48, 96 et 144 heures de compression, à quatre chiens, qui périrent comme les précédents, présentant les mêmes lésions pendant la vie et après la mort. L'examen microscopique du sang ne montre pas de différence sensible avec le sang initial, car les diverses personnes qui ne connaissaient pas les préparations se trouvèrent dans l'impossibilité de les séparer. Pour moi, je crois que les spirilles et les vibrions perdent de leur activité. Une précaution à prendre, c'est d'éviter l'injection immédiate du sang comprimé, autrement on a des dégagements de gaz dans la veine et des accidents d'embolies gazeuses (notés une fois dans nos expériences).

» *D*. Le sang mis en contact avec l'oxygène fut injecté à sept chiens après 1 minute, 6, 48, 72, 96, 120 et 216 heures. Les trois premiers périrent comme d'habitude; les quatre autres furent malades 5 à 6 jours et se rétablirent complétement. Le sang, examiné comparativement au sang initial, indique qu'après un long contact avec l'oxygène les vibrions et les spirilles se modifient, perdent en épaisseur et en longueur, et deviennent très-paresseux; nombre d'entre eux s'immobilisent complétement. Les points mobiles, les chaînettes et les membranes zoogléiques ne paraissent pas se modifier.

» *E*. Le sang traité par le courant continu d'oxygène fut injecté après 36, 48, 72 et 96 heures. Les trois premiers succombèrent avec le cortége symptomatique habituel, le quatrième a survécu; il était absolument guéri au bout de huit jours. Mêmes observations pour l'examen microscopique du sang.

» *F*. Le sang traité par le vide fut inoculé à quatre chiens après 5 minutes, 25, 72 et 120 heures. Le premier et le quatrième chien succombèrent au bout de deux et trois jours, le deuxième et le troisième se remirent après quelques jours de diarrhée. Le sang, examiné avec soin, se modifie très-apparemment dans ces conditions : les bactéries, les points mobiles et les membranes zoogléiques s'immobilisent, les vibrions et les spirilles perdent beaucoup de leur vigueur, remuent beaucoup moins, si bien que,

de prime abord, on dirait une cessation de vie; il n'en est cependant rien, car on ne tarde pas à voir ces vibrions et ces spirilles reprendre du mouvement, surtout après quelques instants de contact avec l'air.

» *Conclusions.* — Ces expériences démontrent que la septicémie peut être développée chez le chien par des injections intra-veineuses de sang putréfié.

» Les courants d'air longtemps continués à travers le sang et l'air comprimé ne paraissent avoir d'action ni sur les qualités toxiques du sang putréfié, ni sur les infiniment petits qui y séjournent.

» Le sang longtemps oxygéné par contact ou par passage de ce gaz à l'état de pureté semble devenir moins toxique et se différencier du sang initial par une diminution des mouvements des vibrioniens (vibrions et spirilles).

» Le sang privé de gaz et laissé dans le vide un certain temps paraît perdre également de son pouvoir toxique. Les cocobactéries, les bactéries, les membranes zoogléiques s'immobilisent, les vibrions, les spirilles perdent de leur agilité, mais il n'y a pas mort réelle des infiniment petits. Le principe toxique ne me paraît pas être un gaz. »

ÉLECTROTHÉRAPIE. — *De l'emploi de l'électricité dans l'iléus, dans l'hydrocèle et dans la paralysie de la vessie.* Mémoire de M. **Macario**, présenté par M. du Moncel.

(Commissaires : MM. Cloquet, Gosselin, du Moncel.)

« Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, je traite de l'application de l'électricité dans trois maladies différentes de siége et de nature.

» Le premier cas est un iléus, observé sur un habitant de Nice, âgé de soixante et onze ans, atteint de dyspepsie et de constipation. Une seule application de l'appareil d'induction de Gaiffe, pendant dix minutes au plus, a procuré la guérison rapide et complète.

» Voici maintenant des résultats obtenus en appliquant l'électricité au traitement de l'hydrocèle, d'après la méthode de M. le Dr Pétrequin, ex-chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu de Lyon. J'ai fait voir quels sont les dangers possibles des autres méthodes de traitement. L'électrisation n'a aucun de ces inconvénients.

« Le premier cas a trait à une hydrocèle du côté droit, chez un malade de soixante ans, atteint de cystite chronique et de rétention d'urine, avec engorgement de la prostate et

anémie. Six séances d'électrisation, de dix minutes chacune, réduisirent l'hydrocèle au tiers de son volume, et la résorption du liquide fut complète.

» Le deuxième sujet était atteint d'une hydrocèle très-volumineuse à droite, datant de plusieurs mois. Six séances électriques de dix minutes de durée, avec l'appareil électromédical de Legendre et Morin, suffirent pour amener la résorption complète du liquide. La guérison ne s'est pas démentie.

» Dans la troisième observation, il s'agit d'une hydrocèle en bissac, extrêmement volumineuse, datant de plus d'un an, chez un sujet âgé de quarante-six ans. La tumeur fut réduite de 2 centimètres, après deux séances, avec l'appareil Legendre et Morin. J'eus ensuite recours à l'électropuncture, et deux séances de deux à trois minutes de durée suffirent pour amener une complète guérison. Longtemps après, on m'apprit que ce malade était mort et que l'hydrocèle avait reparu; mais je n'eus point de détails.

» Enfin, dans la quatrième observation, il s'agit d'une hydrocèle à droite, datant de plusieurs années, et guérie par une séance d'électropuncture dans l'espace de quarante-huit heures. »

» L'électricité peut également être appliquée avec avantage au traitement des paralysies de la vessie. On sait que les médications ordinaires ont souvent peu d'efficacité contre cette grave maladie, surtout quand elle s'accompagne de complications et se rencontre chez des sujets débilités ou âgés. Je puis citer trois cas de succès, qui m'ont été communiqués par M. Pétrequin, de Lyon.

» Enfin, l'électricité peut triompher de certaines sortes de dyspepsies, se produisant dans des cas tout à fait particuliers :

« Une jeune fille, âgée de vingt-quatre ans, depuis longtemps vomissait régulièrement, une demi-heure après chaque repas, une partie des aliments qu'elle avait consommés. Douze à quinze séances d'électrisation, de dix à quinze minutes de durée, avec l'appareil électromédical de MM. Legendre et Morin, la guérirent complétement; la guérison ne s'est pas démentie depuis douze ans. »

MM. H. Woussen et B. Corenwinder soumettent au jugement de l'Académie, un Mémoire concernant les engrais chimiques de la betterave.

De nombreuses expériences, effectuées en 1873 et 1874, les auteurs concluent que l'emploi du superphosphate de chaux est toujours avantageux, non-seulement au point de vue du rendement en betteraves, mais surtout en raison de leur qualité. La substitution de 400 kilogrammes de superphosphate à 200 kilogrammes de nitrate de soude a donné, sans augmentation de dépense, un accroissement de rendement, et surtout des betteraves plus riches en sucres, et possédant un coefficient salin notablement plus élevé.

Le sulfate d'ammoniaque paraît également plus favorable que le nitrate de soude à la production du sucre dans les betteraves.

Les auteurs pensent que les fabricants de sucre ont tout intérêt à exiger des cultivateurs que la plus grande partie du nitrate de soude employé comme engrais soit remplacé par du superphosphate de chaux. L'usage immodéré du nitrate de soude leur paraît constituer aujourd'hui un véritable danger pour ce genre de culture.

(Commissaires : MM. Peligot, P. Thenard, H. Mangon.)

M. **W. de Maximowitch** soumet au jugement l'Académie une théorie de l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **P.-P. Mestre** adresse une Note relative à un procédé de destruction du Phylloxera, par l'ensablement.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie la copie d'une Lettre adressée par M. *Janssen* à M. le Ministre de France au Japon, pour lui faire part du résultat de ses observations sur le passage de Vénus.

Les détails donnés par cette lettre sont ceux qui sont déjà parvenus à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Éléments et éphémérides de la planète* (141).
Note de M. **H. Renan**, présentée par M. Le Verrier.

« Ces éléments ont été calculés au moyen de trois observations équatoriales faites à l'Observatoire de Paris, les 13 et 27 janvier, et le 10 février 1875.

(Époque : 1875, février 25,0; temps moyen de Greenwich.)

$$\left.\begin{array}{l} M_0 = 97^\circ.42'.40'',5 \\ \Omega = 318.58.44,8 \\ \varpi = 22.33.40,7 \\ i = 11.32.44,5 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de 1875,0.}$$

$$\begin{array}{l} \varphi = 12.54.13,6 \\ \mu = 795'',575 \\ \log a = 0,432884 \end{array}$$

Éphéméride pour midi moyen de Greenwich.

1875.	Ascension droite apparente.	Déclinaison apparente.	log Δ.
	h m s	° ′ ″	
Mars 1	9.55.24,0	+8.27.20	0,3075
2	9.54.30,3	8.29.24	0,3086
3	9.53.37,0	8.31.27	0,3096
4	9.52.44,5	8.33.28	0,3111
5	9.51.52,8	8.35.28	0,3121
6	9.51. 2,0	8.37.25	0,3134
7	9.50.12,2	8.39.20	0,3146
8	9.49.23,3	8.41.12	0,3163
9	9.48.35,4	8.43. 2	0,3175
10	9.47.48,6	8.44.49	0,3190
11	9.47. 2,9	8.46.32	0,3205
12	9.46.18,3	8.48.12	0,3222
13	9.45.34,8	8.49.50	0,3237
14	9.44.52,5	8.51.24	0,3255
15	9.44.11,5	8.52.54	0,3271
16	9.43.31,7	8.54.21	0,3290
17	9.42.53,1	8.55.43	0,3307
18	9.42.15,9	8.57. 1	0,3326
19	9.41.39,9	8.58.15	0,3344
20	9.41. 5,3	8.59.25	0,3364
21	9.40.32,1	9. 0.30	0,3383
22	9.40. 0,2	9. 1.31	0,3404
23	9.39.29,8	9. 2.29	0,3423
24	9.39. 0,7	9. 3.22	0,3445
25	9.38 33,0	9. 4.10	0,3465
26	9.38. 6,4	9. 4.54	0,3486
27	9.37.41,3	9. 5.32	0,3508
28	9.37.17,5	9. 6. 6	0,3530
29	9.36.55,2	9. 6.35	0,3551
30	9.36.34,3	9. 7. 0	0,3574
31	9.36.14,9	+9. 7.20	0,3596

» D'après une observation faite à Paris, le 25 février, la correction de l'éphéméride était, ce jour là :

Ascension droite.... — 6s   Distance polaire.... — 0′,1. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une matière colorante pourpre dérivée du cyanogène.* Note de M. G. Bong, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Une solution acide d'un sel de cuivre traitée par du cyanure de potassium se colore en rose; cette coloration est fugace, elle a été observée

par Rammelsberg, Rodgers, Gmelin et Meillet. Si, dans la solution de cuivre, il y a un sel de fer, la liqueur prend une belle nuance rouge : la matière colorante obtenue en présence d'un sel de fer est inaltérable après purification. Elle renferme du fer dissimulé comme dans les prussiates; elle diffère donc de celle qui a été étudiée par Meillet et considérée par ce chimiste comme de la murexide, et elle jouit de quelques-unes des propriétés de la matière observée par Vauquelin en faisant agir l'acide prussique sur l'oxyde de fer.

» Pour préparer cette matière colorante à l'état de pureté, j'ajoute à une solution acide d'un sel de cuivre du cyanure de potassium jusqu'à disparition complète de la coloration rose décrite par les auteurs. Cette liqueur incolore, abandonnée à elle-même, fournit des matières azulmiques; mais si on la traite de suite par un sel de fer acide on obtient un abondant précipité de bleu de Prusse et la liqueur se colore de nouveau; en continuant à ajouter du sel de fer, on parvient à entraîner la majeure partie de la matière colorante rouge. Le carbonate d'ammoniaque enlève au précipité du cyanure de cuivre et le principe colorant. Ce dernier est entraîné avec le cyanure, lorsqu'on ajoute un acide; ce nouveau précipité traité par l'acide sulfhydrique cède à l'eau la matière colorante; enfin on se débarrasse de l'acide sulfhydrique en excès par une digestion avec du carbonate de plomb. On obtient ainsi une solution fortement colorée en pourpre et exempte de sels étrangers.

» Les sels de zinc, de cuivre, de mercure, d'argent précipitent complétement la matière colorante de sa solution aqueuse; les sels de fer et de plomb ne la précipitent pas.

» Elle jouit de la propriété de se combiner aux prussiates.

» La solution colorée a une réaction acide; cette matière colorante chasse l'acide carbonique des carbonates.

» Le précipité rouge obtenu par l'acétate de cuivre, lavé et séché à 100 degrés, m'a donné à l'analyse la composition centésimale suivante :

Carbone	24,31
Azote	28,04
Hydrogène	1,88
Fer	13,66
Cuivre	17,67
Oxygène	14,44

» Ces nombres conduisent à la formule $Cy^4H^4O^4FeCu$, que je ne donne ici que pour traduire les résultats de l'analyse.

» La dissolution colorée après saturation par l'ammoniaque, soumise à l'évaporation dans le vide, donne une masse rouge formée de cristaux non déterminables.

» Les alcalis donnent de la stabilité à cette matière colorante ; elle résiste même aux alcalis bouillants et concentrés. L'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique sont sans action sur elle. L'acide sulfurique à 66 degrés fait passer sa teinte au jaune; mais l'eau rétablit la coloration rouge primitive. L'acide azotique, le chlore, l'oxyde de mercure la détruisent rapidement.

» Cette matière colorante, qui est d'un beau pourpre, ne teint pas directement les matières textiles, mais elle s'applique facilement en solutions légèrement acides, sur des fibres mordancées avec des oxydes métalliques. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'acide borique; sa séparation d'avec la silice et le fluor* (1). Note de M. A. DITTE, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Si le borate que l'on veut analyser n'est pas soluble dans l'eau et renferme d'autres bases que les alcalis, on le dissout à froid ou à une douce chaleur dans l'acide chlorhydrique étendu; on se débarrasse des bases en les précipitant par les méthodes ordinaires, tout en évitant d'introduire des matières capables de donner un sel insoluble avec le chlorure de calcium. Les carbonates en particulier, chauffés dans le mélange salin, donneraient du carbonate de chaux que l'on ne pourrait pas séparer des cristaux de borate. Si l'on a dû recourir aux carbonates alcalins pour précipiter les bases, il faut d'abord les décomposer par l'acide chlorhydrique, chauffer légèrement pour chasser l'acide carbonique sans entraîner d'acide borique, ajouter de l'ammoniaque, puis la solution de chlorure de calcium et continuer l'opération comme il a été dit plus haut.

» La méthode est applicable à la détermination de l'acide borique que l'on rencontre dans plusieurs silicates. Si la matière est facilement décomposable par les acides, comme c'est le cas pour la datolithe et la botryolithe, on la réduit en poudre fine et on la décompose par l'acide chlorhydrique en la maintenant quelques heures en contact avec un excès de cet acide à la température de 50 à 60 degrés; on ajoute alors la dissolution saturée de

---

(1) Voir *Comptes rendus*, séance du 22 février 1875.

chlorure de calcium et de l'ammoniaque pour saturer les acides libres; l'acide borique et la silice passent à l'état de sels de chaux, et l'on peut évaporer à sec sans avoir à craindre la moindre perte d'acide borique. On introduit alors dans le creuset le mélange des chlorures et l'on chauffe graduellement jusqu'à fusion. La majeure partie du borate de chaux cristallise et se réunit en anneau à la surface, tandis que le silicate de chaux reste au fond du creuset. Après refroidissement de la masse, on détache l'anneau de borate de chaux, que l'on met de côté; on fond de nouveau ce qui reste dans le creuset, de manière à faire cristalliser le peu de borate de chaux qui peut rester encore mélangé au silicate, puis, au bout de quelques minutes, on chauffe le fond du creuset aussi fortement que possible, de manière à fritter et à agglomérer le silicate de chaux. Cela fait, on traite par l'eau froide l'anneau et la masse refroidie. Tout l'acide borique est à l'état de borate de chaux cristallisé, mélangé au silicate de chaux qui se présente sous la forme de petits grains à demi fondus, quelquefois de très-petits cristaux. Le tout est très-facile à laver, on le pèse après dessiccation.

» On ne peut songer à séparer le borate de chaux du silicate à l'aide des sels ammoniacaux. Ceux-ci, et en particulier le nitrate d'ammoniaque en dissolution concentrée dissolvent à froid, mais surtout à chaud, et avec facilité, le borate de chaux cristallisé : il se dégage de l'ammoniaque, et il se forme du nitrate de chaux; mais le silicate de chaux est soluble dans ces réactifs, bien moins que le borate, mais assez pour rendre impossible par ce procédé la séparation des deux matières.

» Le mieux, quand on a pesé le mélange de borate et de silicate de chaux, est de le traiter à chaud par l'acide nitrique et d'évaporer à sec. En reprenant par du nitrate d'ammoniaque on enlève complétement la chaux que l'on peut doser dans la liqueur. On pèse la silice après lavage et calcination. Connaissant le poids du mélange de borate et de silicate, le poids de la chaux et celui de la silice, on en déduira par différence le poids de l'acide borique que renfermait la combinaison primitive.

» Si la matière à analyser n'est pas facilement décomposable par les acides, on la calcine avec du carbonate de potasse ou de soude en excès, on traite la masse calcinée par l'eau chaude chargée d'un peu de chlorhydrate d'ammoniaque, puis on évapore à sec. On reprend par l'eau qui laisse un précipité dans lequel on retrouve avec les bases insolubles une portion de la silice; la liqueur filtrée contient encore de la silice et tout l'acide borique de la matière. On lui ajoute de l'acide chlorhydrique pour détruire l'excès des carbonates alcalins, on chauffe légèrement pour chasser

l'acide carbonique; enfin l'on ajoute de l'ammoniaque et du chlorure de calcium, on évapore à sec et l'on continue l'analyse comme au cas précédent.

» Quand, dans une combinaison, existe un fluorure avec de l'acide borique ou un borate, on peut, de la manière suivante, séparer l'acide borique du fluor. Après avoir dissous la substance dans l'acide chlorhydrique et précipité les bases, on ajoute un excès de chlorure de calcium et d'ammoniaque, puis on évapore à sec. On chauffe alors, dans le mélange de chlorures alcalins, le borate de chaux cristallisé; le fluorure de calcium, qui d'abord s'est précipité sous la forme d'une masse gélatineuse et, comme on le sait, extrêmement difficile à laver, devient, après la calcination, compacte et dense, de telle sorte qu'après refroidissement le contenu du creuset traité par l'eau froide abandonne très-aisément le mélange de borate de chaux et de fluorure de calcium; on le pèse après l'avoir lavé et séché.

» Cela fait, on traite ces deux sels par du nitrate d'ammoniaque concentré et chaud qui dissout entièrement le borate de chaux et laisse le fluorure de calcium inaltéré; on pèse ce dernier après lavage, et son poids retranché de celui du mélange donne la quantité de borate de chaux qu'il renfermait. On déduit de ces nombres le poids de l'acide borique et celui du fluor, avec une grande exactitude.

» En résumé, qu'il s'agisse simplement de borates ou de combinaisons contenant, outre de l'acide borique, de la silice ou du fluor, on arrive toujours à la détermination de l'acide borique en le dosant sous la forme de borate de chaux cristallisé. La même méthode pourra être appliquée dans la plupart des cas où l'on a à doser l'acide borique; il me paraît d'ailleurs inutile d'insister sur les diverses circonstances particulières que chaque analyse peut présenter. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le déplacement réciproque des acides gras volatils.* Note de M. H. LESCŒUR, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Liebig a fait voir (1) que les acides gras volatils, dans leurs déplacements réciproques, n'obéissent qu'en partie aux lois de Berthollet, et ces observations ont été rappelées dans ces derniers temps par M. Berthelot (2), qui a montré que les lois de la Thermochimie suffisaient à expliquer cette

(1) *Ann. der Chem. u. Pharm.*, t. LXXI, p. 355.

(2) *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1337.

apparence d'irrégularité. L'acide propionique serait déplacé par l'acide butyrique, celui-ci par l'acide valérique ; puis viendraient l'acide acétique et en dernier lieu l'acide formique qui chasserait de leurs combinaisons tous les autres. Les formiates, en effet, dégagent en se formant plus de chaleur que les autres sels de la série grasse et en particulier les acétates : c'est ce qui déterminerait le sens de la réaction.

» Néanmoins M. Duclaux a remarqué qu'il y a toujours quelque trace de partage de la base entre les acides employés. J'ai observé de mon côté que les formiates sont décomposés en proportion notable par l'acide acétique, et que ce déplacement partiel est le fait d'un véritable équilibre qui s'établit entre le formiate et l'acide acétique d'une part, l'acétate produit et l'acide formique mis en liberté de l'autre, équilibre qui rappelle celui des réactions éthérées dont MM. Berthelot et Péan de Saint-Gilles ont donné les lois.

» Si l'on introduit dans un appareil distillatoire du formiate neutre de soude bien sec et de l'acide acétique monohydraté, il passe à la distillation un mélange d'acide acétique et d'acide formique, et le résidu est du formiate de soude mêlé d'acétate. Dans une expérience où l'on distillait du formiate de soude avec dix fois son poids d'acide acétique, le liquide recueilli renfermait près des trois quarts de l'acide formique total.

» L'élévation de température nécessaire à la distillation ne paraît pas être la cause de la décomposition. Ainsi une dissolution faite à froid de formiate de potasse dans un excès d'acide, abandonnée à l'évaporation spontanée, a donné de l'acétate de soude contenant fort peu de formiate.

» Les formiates de potasse, de soude, de baryte, de plomb et en général les formiates solubles dans l'acide acétique sont décomposés de la même manière. Le formiate de zinc, qui se dissout à peine dans l'acide acétique, ne donne que des traces d'acide formique.

» La proportion de formiate décomposé varie avec la quantité d'acide acétique employé; c'est ce qui résulte d'une série d'évaporations, dans lesquelles, le poids de formiate de soude demeurant constant, on a fait varier la quantité du dissolvant (acide acétique cristallisable). Le résidu contenait d'autant moins de formiate que la proportion du dissolvant était plus considérable. La décomposition n'est pourtant point proportionnelle à la quantité d'acide acétique employé. Par exemple, dans l'évaporation d'un mélange de 10 parties de formiate de soude et de 16 parties d'acide acétique, il y aurait à peu près le quart de l'acide formique chassé ; pour 10 parties de formiate et 50 parties d'acide acétique, la porportion du sel décomposé serait d'un peu plus de la moitié ; elle serait de près des trois quarts pour

10 parties de formiate de soude dissous dans 10 parties d'acide cristallisable.

» Ces résultats suffiraient à établir que la décomposition qui nous occupe n'est point un accident dû au mélange de l'acide employé avec de l'eau. D'ailleurs, des expériences directes m'ont démontré que la présence de l'eau à côté de l'acide acétique n'augmente pas la décomposition des formiates; elle la diminuerait plutôt d'une petite quantité.

» En résumé, je crois avoir établi les points suivants :

» 1° L'acide acétique peut déplacer l'acide formique de ses combinaisons en quantité quelquefois considérable.

» 2° Le déplacement a lieu à froid.

» 3° La proportion d'acide formique mis en liberté varie avec l'excès d'acide acétique ajouté.

» 4° La présence de l'eau n'influe pas notablement sur le phénomène. »

THERMO-CHIMIE. — *Calcul des moments d'inertie maximum des molécules des dérivés chlorés du toluène*. Note de M. G. HINRICHS, présentée par M. Berthelot.

L'importance des moments d'inertie des molécules en chimie moléculaire (*) me fait espérer que l'Académie daignera recevoir le détail du calcul de ces moments pour les dérivés chlorés du toluène. La même méthode de calcul est évidemment applicable dans une foule de substitutions successives dans des composés à deux radicaux. De plus, les résultats de ce calcul seront, dans une Note prochaine, utilisés pour la détermination théorique des points d'ébullition des dérivés chlorés du toluène.

» Si, dans le toluène, $C^6H^5CH^3 = 92$, on remplace m atomes d'hydrogène du radical phényle, $C^6H^5 = 77 = a$, et n atomes d'hydrogène du radical méthyle, $CH^3 = 15 = b$, par autant d'atomes de chlore, il résultera le dérivé chloré mn dont la masse moléculaire sera

$$M_{mn} = a + b + (m+n)c \qquad (1)$$

où

$$c = Cl - H = 34,5.$$

» Prenons le centre de l'anneau de phényle pour l'origine O des trois axes rectangulaires; soient ρ le rayon des carbones, et r celui des chlores de ce radical. Menons l'axe des Z perpendiculaire au plan de cet anneau, et l'axe

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1357, 1408, 1573; 1873.

des X par l'atome de carbone du méthyle, dont la distance de l'origine soit R. Soit enfin

$$(2) \qquad R_1 = R(1 + \varepsilon),$$

la distance de l'atome de chlore qui entre le premier dans le méthyle, vis-à-vis du phényle.

» Donc, pour l'axe des Z, le moment d'inertie I'_{mn} du dérivé mn sera

$$(3) \qquad I'_{mn} = a\rho^2 + bR^2 + cr^2 . m + cR^2(n + 2\varepsilon + \varepsilon^2)$$

et l'abscisse ξ du centre de gravité de la molécule sera déterminée par

$$(4) \qquad M_{mn}\xi = cR\left(\frac{b}{c} + n + \varepsilon + \frac{x}{R} m\right).$$

où x est l'abscisse du centre de gravité des m atomes de chlore du phényle (*).

» Si, comme première approximation, on néglige x, le moment d'inertie maximum pour l'axe naturel (parallèle à Z et à la distance ξ) sera

$$I = I' - M . \xi^2,$$

dont la valeur est, d'après les équations précédentes,

$$(5) \qquad I_{mn} = a\rho^2 + bR^2 + cr^2 m + cR^2 . N_{mn},$$

où

$$(6) \qquad \begin{cases} N_{mn} = n + 2\varepsilon + \varepsilon^2 - f_{mn}\left(\frac{b}{c} + \varepsilon + n\right), \\ f_{mn} = \frac{c}{M_{mn}} = \frac{3}{8m + n}. \end{cases}$$

(*)

DE CHLORE
ANNEAU
Anneau
r R + C O ρ R₁
H₁ H₂ H₃
de carbone

$$I'_{mn} = a\rho^2 + bR^2 + cr^2 m + cR_1^2 + (n - 1)cR^2,$$

ce qui est (3);

$$M_{mn}\xi = bR + cR_1 + (n - 1)cR + cx . m$$

est (4). Toutes les autres formules sont des transformations de celles-ci d'après le principe de mécanique élémentaire

$$I = I' - M . \xi^2 .$$

» Le moment d'inertie maximum du toluène se trouve

$$(7)\qquad I_{00} = a\rho^2 + bR^2\left(1 - \frac{b}{M_{00}}\right),\quad M_{00} = 92.$$

» Donc l'accroissement ΔI_{mn} du moment maximum d'inertie de la molécule de toluène, résultant de la substitution de l'hydrogène par le chlore, sera $= I_{mn} - I_{00}$, ou

$$(8)\qquad \Delta I_{mn} = cr^2.m + cR^2\left(\frac{b}{c}\,\frac{b}{M_{00}} + N_{mn}\right).$$

» Pour les dérivés chlorés du toluène, on trouve, d'après (6),

$m+n$ étant.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
f_{mn} sera	0,37	0,27	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09

» De plus, j'ai trouvé que la distance des atomes d'hydrogène du carbone est à très-peu près 0,4; l'unité de distance atomique intra-moléculaire étant toujours (*) celle des deux carbones dans l'alcool éthylique. Donc ρ étant 1 (*voir* la note précitée), $r = 1,4$; R sera 2,0; $R_1 = R + 0,4 = 2,4$, d'où $\varepsilon = 0,2$, et par conséquent, d'après (6),

$$(6\ bis)\qquad N_{mn} = n + 0,44 - f_{mn}(n + 0,635)^2,$$

dont les valeurs numériques sont les suivantes :

	$m =$ 0	1	2	3	4	5
$n =$ 1	0,72	0,88	0,98	1,04	1,09	1,14
2	0,98	1,28	1,40	1,54	1,67	1,74
3	1,19	1,46	1,72	1,99	2,12	2,25

» Comme $cr^2 = 69$, $cR^2 = 138$, $bR^2 = 60$, $a\rho^2 = 77$ et $\frac{b}{M_{00}} = 0,163$, on peut calculer les valeurs numériques des moments d'inertie des corps dérivés d'après (5) ou (8).

» Si l'abscisse x ne peut être négligée, il faut augmenter ces valeurs de I et de ΔI par

$$(9)\qquad \pi_m = -6\mu_m cRmx,$$

où

$$(10)\qquad \mu_m = \frac{n + \varepsilon + \frac{b}{c}}{n + 8 + m} + \frac{m}{6} f_{mn} \frac{x}{R},$$

» C'est par cette valeur que se distinguent les isomères du même m.

» La substitution successive des atomes de chlore produira de petites

(*) Voir la note *Comptes rendus*, 1873, t. LXXVI, p. 1593.

oscillations de l'inclinaison de l'axe naturel sur l'axe des Z; mais dans les applications que je donnerai de ces moments d'inertie, l'influence de ces perturbations est négligeable.

» Enfin on comprendra que cette méthode de calcul n'est pas restreinte au cas spécial énoncé en tête de cette Note. »

THERMOCHIMIE. — *Étude des quantités de chaleur dégagées dans la formation des sels de potasse de quelques acides de la série grasse.* Note de M. **W. Louguinine**, présentée par M. Berthelot.

« Cette recherche fait suite aux travaux entrepris par M. Berthelot et par moi sur la chaleur dégagée dans les doubles décompositions des chlorures, bromures, iodures et anhydrides des acides acétiques et butyriques; elles ont été exécutées par les mêmes méthodes générales.

» Malgré toutes les précautions prises, je n'ose affirmer que la précision absolue des nombres que je vais donner surpasse $0^{Cal},40$ à $0^{Cal},50$, en raison des causes d'erreurs multipliées qui existent dans des expériences si délicates : les unes sont d'ordre purement physique, telles que la mesure des températures, des chaleurs spécifiques, etc.; les autres sont d'ordre chimique, telles que la pureté rigoureuse des corps employés, qui doit être plus grande ici que dans les expériences ordinaires de la Chimie, et le dosage exact des corps mis en expérience. Mais la précision relative est notablement plus grande. Voici mes résultats :

A. — Chaleur dégagée dans la formation du butyrate de potasse ordinaire.

Acide préalablement dissous......... 1 mol. = 88 gr. dans $7^{lit},104$ d'eau.
Potasse préalablement dissoute....... 1 mol. = 56 gr. dans $9^{lit},787$ d'eau.

1. $162,589 \times 88 = 14^{Cal},308$.................. $t = 16^{\circ},518$
2. $163,586 \times 88 = 14,396$.................. $t = 16,845$

Moyenne............ $14^{Cal},352$.

» Soit $+14^{Cal},3$, quantité de chaleur dégagée par 1 molécule = 88 gr. d'acide butyrique étendu, les sels étant dissous dans 17 litres d'eau.

» *Chaleur dégagée par la dissolution dans l'eau de l'acide butyrique.* — 88 grammes d'acide dissous dans $7^{lit},164$ d'eau = $0^{Cal},444$ pour 88 grammes. Nous avons trouvé jadis, avec M. Berthelot, comme moyenne de deux expériences, $+0^{Cal},515$, nombre très-voisin.

B. — Chaleur dégagée dans la formation de l'isobutyrate de potasse.

» Dans toutes les expériences, même potasse, 56 grammes dissous dans $4^{lit},508$ d'eau, 88 grammes d'acide dissous, première expérience dans

$3^{lit},088$, deuxième et troisième expérience dans $3^{lit},580$, quatrième et cinquième expérience dans $3^{lit},073$ d'eau.

1.	$163,706 \times 88 = 14{,}411^{Cal}$	$16{,}524^{o} = t$ de l'expérience.
2.	$162,271 \times 88 = 14,280$	$16,581 = t$ »
3.	$162,438 \times 88 = 14,295$	$16,320 = t$ »
4.	$163,315 \times 88 = 14,372$	$16,159 = t$ »
5.	$162,642 \times 88 = 14,313$	$16,443 = t$ »
	Moyenne........................	$14^{Cal},337$

» Soit $+14^{Cal},3$, par 88 grammes d'acide dissous.

» Même acide non dissous préalablement :

1.	$171,195 \times 88 = 15{,}065^{Cal}$	$15{,}920^{o} = t$ de l'expérience.
2.	$171,915 \times 88 = 15,129$	$16,556 = t$ »
	Moyenne........................	$15^{Cal},097$

» Soit 15 calories. La chaleur dégagée lors de la dissolution dans l'eau de l'acide isobutyrique, déterminée directement, a été trouvée de $+0^{Cal},582$ pour 88 grammes d'acide (dissous dans $3^{lit},580$ d'eau). En retranchant ce nombre de $15^{Cal},097$, on obtient pour l'isobutyrate de potasse, avec l'acide dissous, $+14^{Cal},515$, nombre très-voisin de $14^{Cal},337$ trouvé directement.

C. — Chaleur dégagée dans la formation de différents valérates de potasse.

» a. *Acide valérique provenant de la racine de* valeriana officinalis. — Non dissous préalablement, potasse 56 grammes dans à peu près $5^{lit},6$ d'eau :

1.	$152,405 \times 102 = 15{,}545^{Cal}$	$16{,}600^{o} = t$ de l'expérience.
2.	$151,002 \times 102 = 15,402$	$14,626 = t$ »
3.	$151,205 \times 102 = 15,423$	$13,192 = t$ »
4.	$151,746 \times 102 = 15,478$	$13,252 = t$ »
5.	$152,102 \times 102 = 15,514$	$13,460 = t$ »
6.	$150,322 \times 102 = 15,333$	$13,700 = t$ »
	Moyenne........................	$15^{Cal},449$

» Soit $15^{Cal},4$, par 102 grammes d'acide non dissous.

» *Chaleur dégagée lors de la dissolution dans l'eau de cet acide :*

1.	$+0{,}889^{Cal}$	102 grammes d'acide dans	$8{,}686^{lit}$ d'eau.
2.	$+1,084$	102 »	10,595 »
	Moyenne.....	$+0^{Cal},987$ pour 102 grammes d'acide.	

Ce qui donne pour la quantité de chaleur dégagée par l'acide préalablement dissous : $15^{Cal},449 - 0,987 = 14^{Cal},462$. Soit $+14^{Cal},4$. Une expérience

faite avec le même acide préalablement dissous (102 grammes dans $3^{lit},128$ d'eau, 56 grammes de potasse dans $5^{lit},6$ à peu près) m'a donné

$$141^{Cal},618 \times 102 = 14^{Cal},445 \text{ pour 102 grammes d'acide,}$$

nombre ne différant pas d'une manière appréciable du précédent.

» *b. Acide obtenu par l'oxydation dé l'alcool amylique :*

Premier échantillon.

» Acide non dissous préalablement (56 grammes de potasse dans $5^{lit},6$ à peu près, lors de la première expérience, dans $1^{lit},44$ dans les deux dernières).

1. $150,252 \times 102 = 15^{Cal},326$	....	$15^{o},302 = t$ de l'expérience.
2. $150,730 \times 102 = 15,375$	....	$14,764 = t$ »
3. $151,069 \times 102 = 15,409$	....	$14,380 = t$ »
Moyenne	....	$15^{Cal},370$

» Soit $+ 15^{Cal},3$ pour 102 de cet acide non dissous préalablement.

» La chaleur dégagée par la dissolution dans l'eau de cet acide a été trouvée égale à $+ 0^{Cal},672$ (pour 102 grammes d'acide dissous dans $4^{lit},89$ d'eau. En soustrayant ce nombre de $15^{Cal},370$, l'action de l'acide valérianique dissous donne $15^{Cal},370 - 0,672 = 14^{Cal},698$. Soit $+ 14^{Cal},7$ pour 102 grammes d'acide dissous

Deuxième échantillon, autre provenance.

» Acide non dissous, 56 grammes de potasse dans $5^{lit},93$ d'eau.

1. $149,504 \times 102 = 15^{Cal},249$	....	$17^{o},034 = t$ de l'expérience.
2. $149,918 \times 102 = 15,292$	....	$16,608 = t$ »
Moyenne	....	$15^{Cal},271$

» Soit $+ 15^{Cal},2$ pour 102 grammes d'acide, ce qui concorde.

» Même acide préalablement dissous. (Pour les deux premières expériences, 102 grammes d'acide dans $5^{lit},45$; pour la troisième expérience dans $4^{lit},26$ d'eau, 56 grammes de potasse dans $5^{lit},93$ d'eau).

1. $144,258 \times 102 = 14^{Cal},714$	....	$16^{o},626 = t$ de l'expérience.
2. $143,563 \times 102 = 14,643$	....	$16,584 = t$ »
3. $142,242 \times 102 = 14,509$	....	$16,821 = t$ »
Moyenne	....	$14^{Cal},622$

» Soit $+ 14^{Cal},6$ pour 102 grammes d'acide dissous, nombre très-voisin de celui trouvé par voie indirecte pour le même échantillon d'acide, $15,270 - 0,670 = 14^{Cal},600$. La moyenne définitive entre les deux échantillons est 14,679 ou $+ 14^{Cal},6$ pour 102 grammes.

D. — Chaleur dégagée dans la formation du sel de potasse de l'acide triméthylacétique.

» Je dois à l'obligeance de M. Boutlerow cet acide triméthylacétique.

Acide non dissous préalablement. (56 grammes de potasse dans $1^{lit},24$ d'eau.)

1. $135,350 \times 102 = 13^{Cal},806$ .... $16^{\circ},824 = t$ de l'expérience
2. $135,460 \times 102 = 13,817$ .... $16,080 = t$ »

Moyenne... $13^{Cal},812$ pour 102 grammes d'acide solide réagissant.

» Ce nombre est à peu près identique avec la valeur 13,9 obtenue par M. Berthelot pour l'acide pivalique de M. Friedel.

Acide préalablement dissous. (102 grammes d'acide dans $4^{lit},83$ d'eau; 56 grammes de potasse dans $5^{lit},93$ d'eau.)

1. $136,329 \times 102 = 13^{Cal},906$ .... $15^{\circ},441 = t$ de l'expérience
2. $136,537 \times 102 = 12,927$ .... $15,568 = t$ »

Moyenne... $13^{Cal},916$, soit $13^{Cal},9$ pour 102 grammes d'acide dissous.

» Le rapprochement de ces deux nombres indique que la dissolution de l'acide triméthylacétique solide dans l'eau ne produit qu'un phénomène thermique extrêmement faible. Le nombre 13,916 est voisin d'ailleurs du nombre 13,6 trouvé par M. Berthelot pour l'acide de M. Friedel; la différence pourrait être attribuée en partie à la pureté des acides, en partie aux différences de température et aux erreurs d'observations.

» Les conclusions que je crois pouvoir tirer de ces recherches sont :

» 1° Que les quantités de chaleur dégagées lors de la formation des sels de potasse des acides de la série grasse semblent croître quand on s'élève dans la série homologue. En effet,

Pour 1 molécule d'acide formique, M. Berthelot a trouvé...	$+13^{Cal},3$
» acétique, » ...	$+13,4$
J'ai trouvé, pour 1 molécule d'acide butyrique	$+14,3$
» isobutyrique	$+14,3$
» valérique de la valériane..	$+14,4$
» valérique d'oxydation....	$+14,5$

» Des expériences inédites de M. Berthelot confirment ce résultat général, sauf de petites différences dans les valeurs numériques.

» 2° Les deux acides butyriques isomères dégagent à peu près la même quantité de chaleur, soit par leur dissolution dans l'eau : $+0,48$ et $+0,58$ (isomère); soit par leur réaction sur la potasse : $+14,3$.

» 3° Les deux acides valérianiques, de la valériane et d'oxydation, dé-

gagent aussi des quantités de chaleur peu différentes en présence de l'eau : + 0,99 (valériane) et + 0,67 (oxydation). Une fois dissous, leur action sur la potasse dégage + 14,4 et + 14,6, à peu près le même nombre; mais l'acide triméthylacétique dégage, en se combinant à la potasse, une quantité de chaleur + 13,9, sensiblement moindre que ses isomères. »

PHYSIQUE. — *Psychromètre évitant tout calcul, dit* hygrodeik, *de* **M. Lowe**, présenté par M. Tresca.

M. **Tresca**, en présentant à l'Académie l'appareil de M. Lowe, s'exprime comme il suit :

« On connaît l'échelle psychrométrique de M. Prazmovski, qui permet d'obtenir simplement, par une opération analogue à celle de la règle à calcul, les différentes données psychrométriques qui correspondent à une double observation du thermomètre sec et du thermomètre mouillé. Cet instrument fort commode exige cependant une certaine habitude, et ne répond peut-être pas complétement à la détermination rapide et en quelque sorte continue de l'état hygrométrique.

» M. Lowe s'est proposé, au moyen de l'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de satisfaire plus couramment à cette détermination dans les usines, et elles sont nombreuses, dans lesquelles les conditions hygrométriques demandent à être contrôlées fréquemment.

» Il a réuni, avec les deux thermomètres, sur une même monture, un tableau graphique qui permet à l'observateur de trouver rapidement l'évaluation dont il a besoin.

» Pour obtenir la proportion de saturation, il suffit de prendre à la main le petit bouton qui se trouve sur le devant de l'instrument, de l'abaisser ou de l'élever, suivant le cas, de manière que le curseur coïncide, sur l'échelle graduée, avec l'indication de ce thermomètre sec, de tourner ensuite le bouton à droite ou à gauche, de manière que le second curseur coïncide avec l'indication du thermomètre humide. L'instrument est alors dans les conditions voulues pour faire connaître, par la position de l'aiguille sur le cadran, la proportion de saturation, le point de rosée et le poids absolu de la vapeur.

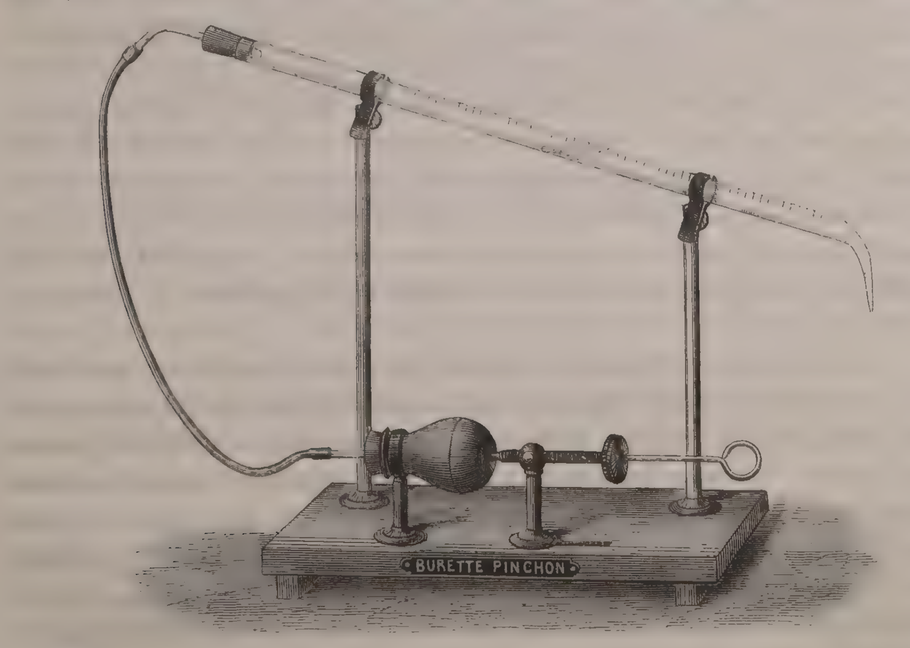
» En suivant, jusqu'au haut du cadran, la ligne verticale la plus voisine de la pointe, on lit directement la proportion de saturation. En suivant, jusqu'à la droite du cadran, l'oblique qui correspond à la pointe de l'aiguille, on lit le point de rosée. On trouve enfin sur ces lignes inclinées

la valeur en grains et dixièmes de grain du poids de l'eau en vapeur qui existe dans un pied cube d'air et la force élastique de cette vapeur.

» La disposition de cet appareil satisfait ainsi à la condition de fournir facilement des indications précises qu'il suffit de savoir lire sur un tableau. Le médecin y trouverait certainement des indications fort intéressantes; les industriels, nos fabricants de pianos, entre autres, obtiendraient, par son emploi, de grandes facilités pour l'exécution, dans les meilleures conditions hygrométriques, de leurs opérations les plus délicates. »

ANALYSE CHIMIQUE. — *Sur une nouvelle burette pour les essais volumétriques.* Note de M. A. **Pinchon**, présentée par M. Thenard.

« La burette est l'instrument le plus indispensable de l'application des méthodes d'analyse volumétrique qui tendent à se répandre de plus en plus dans les laboratoires de Chimie industrielle. Bien que cet instrument ait déjà pris, entre les mains des chimistes qui s'en sont occupés, des formes



bien variées, aucune des dispositions adoptées jusqu'ici ne m'a paru réunir toutes les conditions de solidité, de commodité et de précision que l'on est en droit de demander à un instrument d'un usage aussi journalier.

» La burette de Mohr, simple tube gradué, facile à remplir et à net-

toyer, solidement fixé sur son support vertical et muni d'un tube en caoutchouc pressé par une pince en cuivre, est certainement un instrument fort commode ; mais elle ne peut recevoir les liquides qui attaquent le caoutchouc, et notamment le caméléon, dont on fait un si fréquent usage dans les analyses volumétriques. Pour obvier à cet inconvénient, on a remplacé le tube de caoutchouc et la pince par un robinet en verre, mais l'instrument est alors devenu fragile et plus difficile à manier. Je suis arrivé au même but à l'aide de la disposition représentée par la gravure ci-jointe.

» La burette est inclinée sur un support à deux branches inégales, sur lesquelles elle est solidement fixée. Elle communique par son extrémité supérieure avec une poire en caoutchouc, pouvant fonctionner à volonté comme aspirateur et comme compresseur.

» Le mécanisme, des plus simples, se compose d'une vis traversée, dans toute sa longueur, par la tige creuse d'un champignon métallique qui vient appliquer sa tête sur le fond de la poire en caoutchouc. Une tige de laiton, munie d'un anneau dans lequel s'engage le pouce de l'opérateur, permet de comprimer la poire par simple pression. L'air qu'elle contient se trouve ainsi expulsé. En plongeant alors le bec de la burette dans le liquide dont on veut le remplir, et en laissant la poire revenir sur elle-même, le liquide monte par aspiration dans la burette. Lorsqu'il est arrivé au zéro et le dépasse même un peu, on laisse rentrer de l'air bulle à bulle jusqu'à ce que la poire ait repris son volume primitif. Il est alors très-facile d'affleurer le liquide au zéro en comprimant légèrement la poire au moyen de la vis.

» Ainsi remplie et effleurée, la burette peut être abandonnée sans qu'il s'en écoule une goutte de liquide, à moins que la fermeture de caoutchouc soit incomplète. Lorsqu'on veut procéder à un essai, il suffit de presser sur l'anneau pour faire écouler le liquide. En cessant de presser, on laisse rentrer de l'air dans la burette, et, en procédant ainsi par coups de piston successifs, on arrive rapidement à vider une quantité de liquide suffisante pour approcher du terme de l'opération. On se sert alors de la vis pour faire écouler le liquide goutte à goutte jusqu'à ce que la réaction caractéristique soit obtenue. La lecture se fait alors très-facilement sur l'échelle divisée placée à la partie supérieure de la burette. Il est bien entendu que le tube a été gradué sur le support même, de telle sorte que chaque espace représente exactement $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de liqueur. »

M. **Dumas** ajoute à cette Communication la remarque suivante :

« Lorsqu'on veut étudier l'action de la chaleur sur la vapeur d'un liquide volatil, ou bien encore lorsqu'on veut faire agir cette vapeur sur un corps solide chauffé, on emploie ordinairement un appareil distillatoire mis en communication avec un tube de porcelaine. Mais, l'ébullition du liquide se faisant par secousses porte dans le tube des bouffées tantôt trop abondantes, tantôt trop rares de vapeur. La température du tube de porcelaine change à chaque instant, et s'élève ou s'abaisse brusquement. La vapeur se trouvant tantôt en excès et tantôt en défaut, les réactions ne sont pas constantes, et l'on obtient des produits qui ne se rapportent pas à des phénomènes nets.

» Dans des recherches de cette nature, M. Dumas s'est servi d'un appareil contenant de l'air comprimé, mis en communication avec un réservoir contenant le liquide à étudier, que la pression de l'air amenait, goutte à goutte, dans le tube de porcelaine. Les gouttes tombaient dans une gouttière de platine, se convertissaient en vapeur, et, en réglant leur arrivée, on obtenait une action continue, régulière, et des produits constants.

» L'appareil très-simple de M. Pinchon sera de la plus grande utilité en de telles occasions. »

L'Académie reçoit diverses Communications relatives au bolide du 10 février dernier :

De M. **F. Carré**, une Lettre écrite de la Nozaie, près de Nemours (Seine-et-Marne), signalant la chute d'un bolide à $5^h 30^m$ du soir, dans la direction ouest-sud-ouest, à 25 degrés au-dessus de l'horizon : le sillon lumineux laissé après lui est resté rectiligne pendant une minute et demie, puis il s'est transformé en une hélice assez régulière : le phénomène a conservé cet aspect pendant 15 minutes, jusqu'à $6^h 15^m$ environ.

De M. **A. Lemoine**, une Lettre écrite de Saulx-Marchan, près de Thiéry (Seine-et-Oise) : les détails qu'il donne sur l'aspect de la traînée lumineuse, d'abord rectiligne, puis se contournant en tire-bouchon, sont presque identiques aux précédents.

De M. **de Kerikuff**, une Lettre annonçant que, d'après le Journal de Morlaix, une aérolithe serait tombé à Belle-Isle en mer, vers 6 heures (heure de Paris).

De M. **Vinot**, une Lettre annonçant que, d'après ses correspondants, un

bolide serait tombé, à cette même heure, dans une prairie voisine du port de Douhet (île d'Oléron) : l'auteur fait remarquer que cette position correspondrait bien aux directions qui avaient été signalées.

M. **Lecoq de Boisbaubran** écrit de Cognac que, « le 11 février au matin, il fut prévenu par ses ouvriers qu'ils avaient vu la veille, à $5^h 45^m$ du soir environ, une boule de feu très-brillante, grosse comme la tête d'un homme, descendant rapidement et perpendiculairement sur l'horizon, et laissant un sillon de feu si lumineux et si persistant, qu'il éclaira la campagne pendant vingt à vingt-cinq minutes.

» La traînée lumineuse se refoula ensuite lentement sur elle-même et se condensa en un nuage qui fut encore visible pendant au moins une demi-heure.

» Les directions indiquées sont comprises entre l'ouest-nord-ouest et le nord-ouest. »

La séance est levée à 5 heures un quart. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 février 1875.

(suite.)

Astronomische Nachrichten, begründet von H.-C. Schumacher; n^{os} 1777-1800, 1801-1824, 1825-1848, 1849-1872, 1873-1896, 1897-1920. Altona, Gustave Esch, 1870 à 1873; 6 liv. in-4°.

Abhandlungen, herausgegeben von der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft; neuter Bandes, erstes und zweites Heft. Frankfurt, A.-M. Christian Winter, 1873; in-4°.

Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen; achtzehnter Band vom Jähre 1873. Göttingen, 1873; in-4°

Schriften der Universität zu Kiel aus den Jähre 1873; Band XX. Kiel, B.-F. Mohr, 1674; in-4°.

Annalen der K. K. Sternwarte in Wien; dritter Folge zweiundewanzigster Band, Jahrgang 1872. Wien, 1874; in-8°.

Medizinische Jarbücher, herausgegeben von der K. K. Gesellschaft der Arzte, redigirt von S. STRICKER; Jahrgang 1874, II Heft, III und IV Heft. Wien, W. Braumüller, 1874; 2 liv. in-8°.

Jarbücher der K. K. central-anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus; von Carl JELINEK und F. OSNAGHI; neue Folge, IX Band, Jahrgang 1872. Wien, W. Braumüller, 1874; in-4°.

Die Defecte der Scheidewände des Herzens. Patologisch-Anatomische Abhandlungen; von Dr C. FEIHERRN DE ROKITANSKY. Wien, C. Braumüller, 1875; in-4°.

Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe; dreiunddreissigster Band. Wien, 1874; in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 22 FÉVRIER 1875.

Bulletin de l'Académie de Médecine; n° 7, séance du 16 février 1875. Paris, G. Masson, 1875; in-8°. (Ce numéro renferme une Communication de M. Pasteur, sur la génération spontanée.)

La vigne et le Phylloxera; par J. BRUNFAUT. Paris, A. Lefèvre, 1875; in-18. (Renvoi à la Commission.)

Congrès viticole de Montpellier, 1874. *Vins américains.* 1er *Rapport de la Commission de dégustation; par* M. J. LEENHARDT-POMIER. 2e *Rapport sur la composition des vins américains; par* MM. SAINTPIERRE *et* FOEX, présentés à la Société centrale d'Agriculture de l'Hérault. Montpellier, imp. Ricateau, 1875; br. in-8°. (Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

Les vins d'imitation de Cette et de Mèze. Communication faite au Congrès international viticole de Montpellier (séance du 30 *octobre* 1874); *par* C. SAINTPIERRE. Montpellier, imp. Ricateau, 1875; br. in-8°. (Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

Essai de statistique médicale suivi d'observations médico-chirurgicales sur les ambulances créées à Angoulême par les soins de l'administration des hospices et hôpitaux de cette ville pendant la durée de la guerre de 1870-1871; *par* le Dr A. TRÉMEAU DE ROCHEBRUNE. Paris, F. Savy, 1871; in-4°. (Adressé au Concours de Statistique, 1875.)

(A suivre.)

DATES.	BAROMÈTRE A MIDI réduit à zéro.	THERMOMÈTRES du jardin. Minima.	Maxima.	Moyenne.	Moyenne vraie.	Écart de la normale.	ACTINOMÈTRE.	NÉBULOSITÉ (de 0 à 10).	THERMOMÈTRES du sol. Surface.	à 0m,20.	à 1m,00.	TENSION DE LA VAPEUR.	ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.	UDOMÈTRE (à 1m,80).	ÉVAPOROMÈTRE.	ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		o	o	o	o	o	o		o	o	o	mm		mm	mm	
1	766,6	-3,3	6,4	1,6	0,8	-3,1	29,6	2	2,0	3,5	6,1	3,9	80	»	1,6	»
2	62,8	-2,6	6,1	1,8	1,9	-2,2	25,8	3	2,4	3,0	5,9	4,3	81	»	0,9	»
3	54,2	0,4	7,4	3,9	4,4	0,2	5,0	10	3,5	3,2	5,6	5,6	89	0,1	0,7	»
4	55,2	1,8	5,7	3,8	2,7	-1,6	16,9	5	4,5	3,7	5,5	4,4	80	»	0,9	»
5	63,0	-0,8	5,6	2,4	2,1	-2,3	21,2	6	2,4	3,2	5,4	4,3	82	0,0	1,1	»
6	64,2	-1,1	6,3	2,6	2,4	-2,0	25,1	6	4,8	3,1	5,3	4,4	81	»	0,7	»
7	57,2	0,1	4,5	2,3	1,6	-2,8	12,9	9	1,7	3,2	5,2	4,6	89	0,2	0,6	»
8	59,8	-4,6	-0,3	-2,5	-2,5	-6,9	34,2	4	-1,1	2,7	5,1	3,1	81	»	0,8	»
9	57,3	-3,4	0,4	-1,5	-1,5	-5,9	4,0	10	-2,6	2,0	5,0	3,6	87	0,0	0,7	»
10	57,6	(*a*)	(*b*)	»	-2,0	-6,4	8,3	7	-0,1	1,7	4,8	3,1	78	0,0	0,8	»
11	61,4	-5,6	0,0	-2,8	-2,9	-7,3	10,7	9	-1,9	1,5	4,7	3,0	81	0,0	0,5	»
12	57,7	-3,2	2,4	-0,4	-0,2	-4,6	7,9	10	-2,1	1,3	4,5	4,1	89	1,3	»	»
13	58,0	1,1	6,5	3,8	3,5	-0,9	6,8	10	5,1	1,3	4,3	5,4	92	0,2	0,2	»
14	60,5	0,5	5,2	2,9	3,2	-1,2	10,6	10	3,8	1,5	4,2	5,3	92	0,0	0,7	»
15	60,5	2,4	10,2	6,3	5,9	1,5	15,0	7	6,7	3,1	4,1	6,4	91	0,9	1,2	»
16	66,3	1,8	6,0	3,9	4,3	-0,2	6,0	10	4,5	3,7	4,2	5,2	84	»	0,8	»
17	57,4	1,3	5,1	3,2	3,0	-1,5	7,5	10	5,0	3,6	4,3	4,6	81	1,5	2,8	»
18	57,1	0,2	4,1	2,2	1,6	-2,9	14,1	7	4,0	3,3	4,4	4,2	82	0,0	1,5	»
19	54,9	-2,0	1,5	-0,3	-0,8	-5,3	23,8	7	1,4	2,5	4,5	3,5	83	»	1,1	»
20	54,3	-3,7	0,7	-1,5	-1,3	-5,9	9,8	10	-1,0	1,9	4,4	3,6	86	0,0	0,5	»
21	54,9	-1,7	1,6	-0,1	-0,6	-5,3	8,6	9	-0,1	1,7	4,3	4,0	90	0,4	»	»
22	54,8	-3,7	3,1	-0,3	-0,9	-5,7	30,9	3	1,7	1,6	4,2	3,5	82	»	0,6	»
23	49,0	-6,7	2,3	-2,2	-2,1	-7,0	32,1	4	-0,4	1,5	4,1	3,4	85	»	1,2	»
24	38,8	-2,1	7,6	2,8	2,9	-2,1	18,5	9	4,4	1,5	4,0	5,0	88	1,8	0,8	»
25	43,5	-0,8	7,0	3,1	3,6	-1,5	10,7	7	5,1	2,1	3,9	5,2	88	1,7	0,6	»
26	42,4	1,2	10,4	5,8	6,0	0,8	21,9	10	6,6	2,9	3,9	5,2	74	0,1	2,2	»
27	42,9	2,9	5,1	4,0	3,5	-1,8	4,8	10	4,1	3,8	3,9	5,3	90	2,1	0,5	»
28	46,2	2,1	4,3	3,2	3,2	-2,2	4,0	10	3,7	3,7	4,0	5,7	95	0,6	0,3	»

(1) Minima barométriques : le 4, à 4^h30^m du matin, 753,0 (peu de variations depuis la veille à 3 heures soir); le 17, à 5^h du matin, 756,2; le 24, vers 4 heures du soir, 738,2; le 26, vers 4^h15^m du soir, 740,8.

(2) (3) *a* minima, *b*, maxima, non atteints : la température variant d'une manière continue.

(5) (10) (11) (12) (13) Moyennes des observations trihoraires. — (6) La température normale est déduite de la courbe rectifiée températures moyennes de soixante années d'observation. — (7) Les degrés actinométriques sont ramenés à la constante solaire

DATES.	MAGNÉTISME TERRESTRE. Déclinaison. (18)	Inclinaison. (19)	Intensité horizontale. (20)	Intensité totale. (21)	VENTS. Direction moyenne à 20 mètres. (22)	Vitesse moyenne à 20 mètres. (23)	Direction des nuages. (24)	REMARQUES.
	° ′	° ′				km		
1	*17.23,5	65.32,2	1,9213	4,6397	ESE	0,8	»	Givre matin et soir.
2	24,0	32,0	9223	6414	SSE	2,3	»	Givre le matin.
3	25,0	30,9	9233	6406	SW-NW	7,9	»	Pluie froide et fine vers midi.
4	23,2	30,6	9253	6445	NNW-NNE	6,3	»	Brouillard le matin, gelée blanche le soir.
5	23,7	31,6	9238	6439	NNW-NNE	11,7	NNE	Gouttes de pluie fine et rosée le soir.
6	24,2	29,3	9247	6392	WNW	8,6	NW	Givre le matin.
7	24,0	31,3	9250	6458	S à ENE	9,4	variable.	Neige en petits flocons pendant la matinée.
8	24,7	33,4	9230	6473	E à NNE	14,9	»	Givre le matin.
9	* 23,4	34,8	9239	6535	$E\frac{1}{4}$ NE	12,3	NE	Rares et légers flocons de neige après midi.
10	* 24,0	33,3	9228	6464	ENE	15,5	NE	Rares et légers flocons de neige le matin.
11	* 22,5	* 33,5	* 9227	6469	NE puis SSW	6,3	»	Givre le matin et légers flocons de neige.
12	* 23,1	* 32,0	* 9215	6395	S à WSW	18,3	SSW	Neige le matin, puis verglas et pluie fine; bourrasques.
13	* 23,7	* 29,0	* 9220	6318	WNW à ENE	4,7	»	Brouillard le matin.
14	23,2	29,2	9223	6331	$S\frac{1}{4}$ SW	9,5	W	Gouttes de pluie fine par intervalles.
15	23,8	30,6	9237	6406	SW à N et NE	12,4	N	Pluie très-fine le matin, rosée le soir.
16	23,5	29,7	9249	6409	NE-NNW	10,0	NNE à WNW	Halo lunaire complet et bien marqué.
17	23,9	28,6	9250	6379	NNW-NE	25,7	NNE	Pluvieux toute la journée; rafales du NNO.
18	23,9	29,1	9254	6403	NNE	20,8	NNE	Grêle de courte durée après midi.
19	23,3	29,8	9246	6404	NNE	18,6	NNE	»
20	22,6	30,8	9243	6426	NNW	5,8	ENE-SE	Rares flocons de neige vers minuit.
21	22,9	30,8	9243	6426	NE	9,4	SE-NE	Neige continuelle et à demi-fondue.
22	24,8	32,2	9237	6455	E	16,6	»	»
23	23,0	33,2	9228	6461	$E\frac{1}{4}$ SE	8,9	ESE-S	»
24	23,1	30,3	9231	6383	SE à SW	15,7	S	Continuellement pluvieux.
25	* 24,7	29,3	9234	6361	SSW à SE	10,2	S	Neige avant le jour suivie de pluie l'après-midi.
26	* 26,9	* 29,1	* 9226	6335	SE	20,2	S	Pluvieux le soir et bonne brise du SE après-midi.
27	* 25,3	* 31,1	* 9185	6295	$N\frac{1}{4}$ NE	8,4	N	Pluvieux dans l'après-midi et le soir.
28	* 22,4	32,7	* 9223	6435	NE	8,2	»	Brouillards et bruine le soir.

(15) Les jours de gelée, l'évaporation est mesurée par la pesée d'un plateau de terre humide.
(18 à 21) * Perturbations. Valeurs rapportées au pavillon magnétique.
(22) (24) Le signe W indique l'ouest, conformément à la décision de la conférence internationale de Vienne.
(23) Vitesses maxima : le 12, 37 kilomètres entre 11 heures matin et midi; le 17, 39 kilomètres entre 5 et 6 heures du matin; le 26, 36 kilomètres vers $2^h 30^m$ du soir.

MOYENNES HORAIRES ET MOYENNES MENSUELLES (Février 1875).

	6^h M.	9^h M.	Midi.	3^h S.	6^h S.	9^h S.	Minuit.	Moyennes.
	′	′	′	′	′	′	′	° ′
Déclinaison magnétique............... 17° +	22,1	22,7	27,3	25,5	23,9	21,8	21,9	17.23,8
Inclinaison » .... 65° +	32,0	31,2	30,3	29,4	30,4	31,3	31,8	65.31,1
Force magnétique totale............... 4,+	6470	6437	6353	6320	6373	6427	6449	4,6412
Composante horizontale............... 1,+	9246	9242	9219	9216	9226	9237	9240	1,9233
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Baromètre réduit à 0°........................	755,40	755,81	755,66	755,02	755,24	755,38	755,35	755,42
Pression de l'air sec........................	751,16	751,51	751,19	750,53	750,74	750,93	750,92	751,00
Tension de la vapeur en millimètres..........	4,24	4,30	4,47	4,49	4,50	4,45	4,43	4,41
État hygrométrique.........................	90,3	86,5	78,3	75,0	80,9	86,3	90,1	84,9
	°	°	°	°	°	°	°	°
Thermomètre du jardin......................	-0,01	0,79	2,80	3,56	2,50	1,37	0,63	1,48
» » (moy. du 10 au 28)....	0,26	1,01	2,86	3,43	2,41	1,39	0,71	1,56
Thermom. électrique à 20^m. (moy. du 10 au 28).	0,28	0,94	2,54	3,26	2,31	1,43	0,80	1,48
Thermomètre noirci, dans le vide............	-0,52	5,53	12,03	10,75	2,00	»	»	5,96
Degré actinométrique (*a*)...................	0,00	18,12	32,36	25,72	0,00	»	»	15,24
Thermomètre du sol. Surface................	-0,50	0,67	3,14	3,07	0,99	0,14	-0,15	0,87
» à 0^m,02 de profondeur...	1,10	1,03	1,45	1,93	1,81	1,58	1,38	1,44
» à 0^m,10 » ...	1,64	1,57	1,64	1,86	2,01	1,99	1,90	1,80
» à 0^m,20 » ...	2,56	2,51	2,48	2,50	2,59	2,68	2,66	2,57
» à 0^m,30 » ...	2,34	2,31	2,26	2,27	2,30	2,35	2,36	2,32
» à 1^m,00 » ...	4,67	4,65	4,63	4,63	4,63	4,62	4,62	4,64
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Udomètre à 1^m, 80........................	3,8	0,8	0,2	0,7	2,8	2,1	0,5	t. 10,9
Pluie moyenne par heure....................	0,63	0,27	0,07	0,23	0,93	0,70	0,17	»
Évaporation moyenne par heure..............	observations interrompues pendant les gelées.							t. 25,0?
Vitesse moy. du vent en kilom. par heure (*b*)..	10^{km},2	10^{km},9	13^{km},4	13^{km},5	12^{km},6	10^{km},0	10^{km},8	11^{km},5
Pression moy. du vent en kilog. par heure....	»	»	»	»	»	»	»	»

Moyennes horaires.

Heures.	Déclinais.	Pression.	Températ.	Heures.	Déclinais.	Pression.	Températ.
	° ′	mm	°		° ′	mm	°
1^h matin......	17 23,2	755,41	0,44	1^h soir........	17 27,2	755,40	3,31
2 »	24,6	55,44	0,31	2 »	26,5	55,17	3,58
3 »	25,2	55,45	0,20	3 »	25,5	55,02	3,56
4 »	24,8	55,43	0,10	4 »	24,6	55,01	3,42
5 »	23,5	55,39	0,02	5 »	24,1	55,11	2,94
6 »	22,1	55,41	-0,01	6 »	23,9	55,24	2,50
7 »	21,3	55,50	0,09	7 »	23,5	55,35	2,08
8 »	21,4	55,66	0,33	8 »	22,7	55,40	1,70
9 »	22,7	55,81	0,79	9 »	21,8	55,38	1,37
10 »	24,6	55,89	1,42	10 »	21,2	55,35	1,09
11 »	26,4	55,84	2,12	11 »	21,2	55,33	0,83
Midi...........	27,3	55,66	2,80	Minuit.........	21,9	55,36	0,62

Thermomètres de l'abri (Moyennes du mois.)

Des minima........... -1°,1 des maxima........ 4°,5 Moyenne.............. 1,7

Thermomètres de la surface du sol.

Des minima........... -3°,1 des maxima........ 7°,9 Moyenne.............. 2,4

Températures moyennes diurnes par pentades.

1875. Janv. 31 à févr. 4..... 2°,2	Févr. 10 à 14..... 0°,3	Févr. 20 à 24....... -0°,4
» Févr. 5 à févr. 9..... 0,4	» 15 à 19..... 2,8	» 25 à mars 1.... 3,6

(*a*) Ramené à la constante solaire 100.

(*b*) Résultats fournis par l'anémomètre enregistreur placé à 20 mètres de hauteur.